

PAC 2 - INSTAL·LACIÓ D'AUTOCONSUM I VEHICLE ELÈCTRIC

Llorenç Fanals Batllori - u1945816

INSTAL·LACIONS ELÈCTRIQUES

Índex

1	Enunciat	3
2	Instal·lació actual	4
3	Autoconsum i modalitats d'aquest	6
4	Mètodes d'autoconsum i comparativa	8
4.1	Aerogenerador	8
4.2	Solar fotovoltaica	11
4.3	Comparativa: aerogenerador vs plaques solars fotovoltaïques	15
5	Càlculs	16
5.1	Càlculs lliurant tota l'energia a la xarxa	30
5.2	Càlculs consumint tota l'energia	32
5.3	Conclusions dels càlculs	35
6	Bateries	36
7	Cotxe elèctric i carregadors	38
8	Conclusions: solució adoptada	43

1 Enunciat

Disseny d'una vivenda i estudi d'autoconsum.

El treball consistirà en fer el dimensionament i el disseny d'una vivenda unifamiliar amb les comoditats habituals: rentadora, assecadora, forn, aire condicionat, etc. Amb una potència aproximada d'uns 5750 Watts.

Aquesta vivenda es vol modificar per tal d'incorporar solucions d'autoconsum. També cap la possibilitat d'habilitar un punt de càrrega per vehicle elèctric. També es pot valorar la possibilitat de posar un sistema d'emmagatzematge utilitzant una bateria.

El nucli del treball ha de consistir en dissenyar una instal·lació que sigui econòmicament viable per incloure aquestes millores a la casa i minimitzar la dependència de la xarxa elèctrica.

S'haurà de fer el disseny de la instal·lació elèctrica tenint en compte la normativa marcada per:

- El decret d'autoconsum aprovat durant aquest 2019.
- La ITC-BT52 corresponent al vehicle elèctric.
- I òbviamment el RBT.

Caldrà doncs presentar:

- L'esquema elèctric de la instal·lació.
- Un pressupost de la instal·lació.
- Un pla d'amortització dels elements.
- Breu explicació de la solució adoptada.

2 Instal·lació actual

Segons diu l'enunciat, el treball va enfocat a una casa unifamiliar de 5750 W de potència contractada amb la instal·lació ja feta. Ara diuen que volen mirar de posar autoconsum, i s'estan pensant si preparar la instal·lació per un vehicle elèctric.

En primer lloc puc, dir que estem parlant d'una casa amb electrificació elevada. Si es preveu utilitzar una assecadora, aquesta es posarà al circuit C9. Com que també es vol posar un aire condicionat, aquest anirà al circuit C11. Així, com a mínim tindrem 7 circuits.

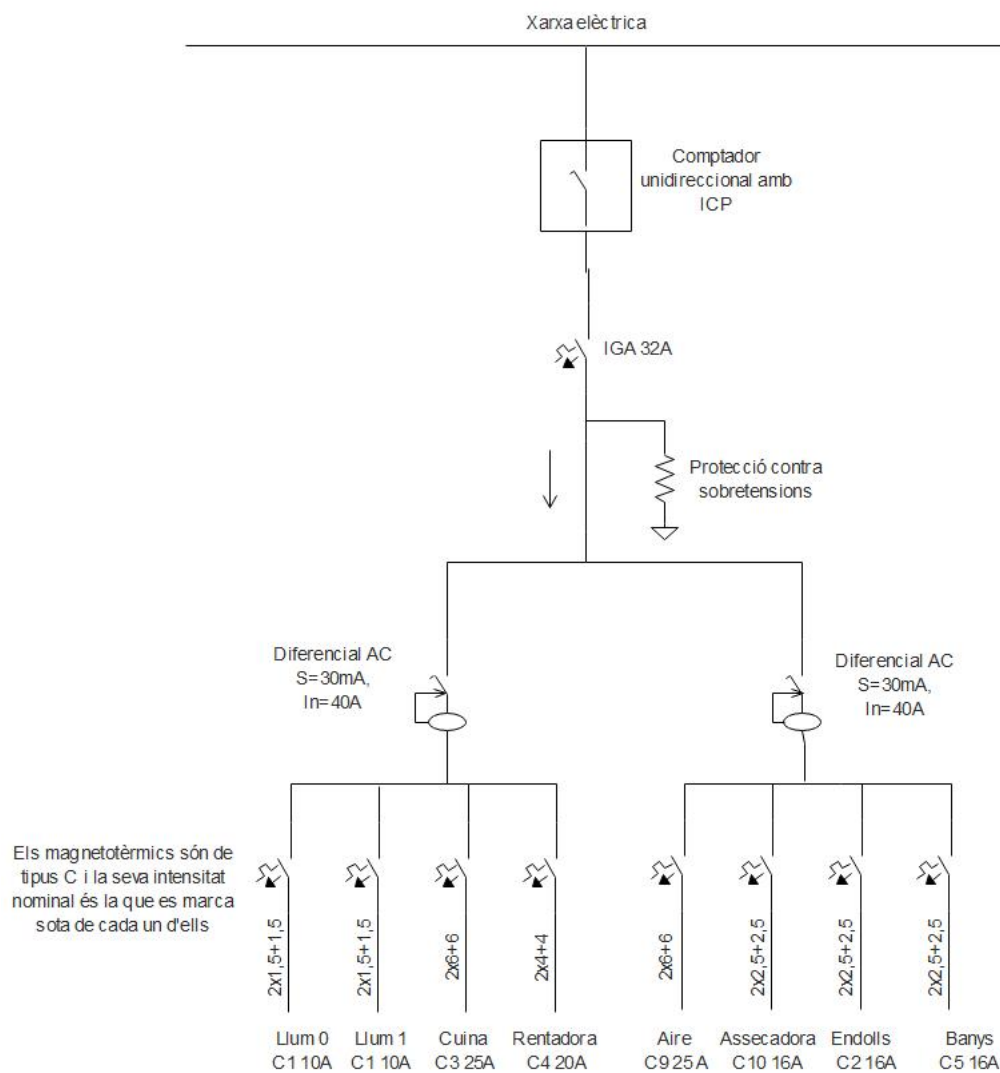


Figura 1: Instal·lació inicial

L'esquema inicial de la vivenda prendrà una forma similar a la de la figura, per bé que no sabem amb certesa si el C1 o el C2 estan duplicats. Seria qüestió de conèixer més detalls de les càrregues que es preveuen tenir a la vivenda. A més, si coneixéssim quin és el muntatge dels tubs i conductes pels cables, així com la llargada, podríem fer càlculs detallats de la secció dels

cables. Podem assumir, doncs, que la secció dels cables és la que ve marcada per el REBT a la ITC-BT-19.

Circuit	Secció (mm^2)
C1	1,5
C2	2,5
C3	6
C4	4
C5	2,5
C8	6
C9	6
C10	2,5
C11	1,5

Taula 1: Seccions dels cables en funció del circuit

3 Autoconsum i modalitats d'aquest

Tal com indica el Real Decreto 244/2019 aprovat el 5 d'abril del 2019, una instal·lació d'autoconsum és tota aquella instal·lació capaç de generar energia elèctrica que al mateix moment està connectada la xarxa elèctrica. Una instal·lació aïllada, per exemple una casa a la muntanya amb plaques solars i aerogeneradors, o una guingeta de platja amb una placa solar per alimentar algun equip elèctric, en cap cas es poden considerar a la categoria d'instal·lació elèctrica d'autoconsum [2][7].

Hi ha dues modalitats:

- Sense buidament a la xarxa. En aquest cas l'usuari decideix no lliurar potència a la xarxa elèctrica. Ja de primeres penso que aquesta no és la millor opció.
- Amb buidament. Aquí sí que es buida a la xarxa. Si la potència és inferior a 100 kW es compensa la potència lliurada, o sigui, cada kW lliurat a la xarxa es comptabilitza amb el preu de cost de l'energia en aquell moment, i a final de mes es resta de la factura. En cap cas, però, ens eximim de pagar les taxes de potència contractada i altres. L'empresa elèctrica no ens pagarà diners, ens descomptarà diners de la factura en funció dels kWh lliurats. Si tenim instal·lats més de 100 kW en energia renovable se'ns pagarà segons marqui la "pool", uns 4 o 5 cèntims d'€ per kW. En el nostre cas, sens dubte, podem compensar.

Consultant per Internet, hi ha blogs que diuen que la compensació d'instal·lacions amb potència menor de 100 kW, com per exemple la vivenda unifamiliar que analitzo, compensarien el kWh que lliuren a la xarxa al mateix preu que fixa el mercat regulat en aquella hora. Sovint el preu del kWh del mercat regulat està als 0.11 € o 0.10 €.

Tot i això, i com ja ens va comentar el professor a classe, són les empreses elèctriques distribuïdores les que prenen la decisió de pagar més o menys pels excedents d'energia dels seus clients.

He fet un parell de trucades per informar-me'n.

- A Revosolar diuen que encara no ho saben. Com que el Decret d'Autoconsum és recent, i han donat uns mesos a les empreses per establir les tarifes i quotes, encara està per determinar. El preu orientatiu que m'han donat és de 0.04 €/kWh o 0.05 €/kWh.
- He trucat també a SomEnergia, una cooperativa distribuïdora que ofereix un model bastant únic, i es caracteritzen pel tracte proper i transparent. El que m'han comentat s'ajusta amb el que m'han dit a Revosolar. Estant prenent la decisió de quant pagar per l'energia que lliurin els usuaris a la xarxa. M'han donat un preu orientatiu de 0.05 €/kWh.

A partir d'aquí, faré els càlculs amb aquest preu.

$$Benefici_{excedents} = 0.05 \text{ €/kWh}$$

Dit això, quines maneres viables té una casa unifamiliar de generar la seva pròpia energia elèctrica?

4 Mètodes d'autoconsum i comparativa

4.1 Aerogenerador

Una opció és col·locar un aerogenerador domèstic per tal de generar l'energia elèctrica. Algunes característiques d'aquests:

- Tenen una vida útil, en bones condicions, 20 anys [3].
- Funcionen quan no existeixen vents exageradament forts a la zona.
- No necessiten un espai massa ampli, no cal vigilar si hi ha ombres, per bé que l'impacte visual pot ser major que el d'unes plaques ben instal·lades. Encara que el màstil estigui ben encastat a terra, sol ser habitual situar un mínim de 2 o 3 piquetes les quals amb cables col·locats als extrems superiors del màstil redueixen significativament les vibracions.

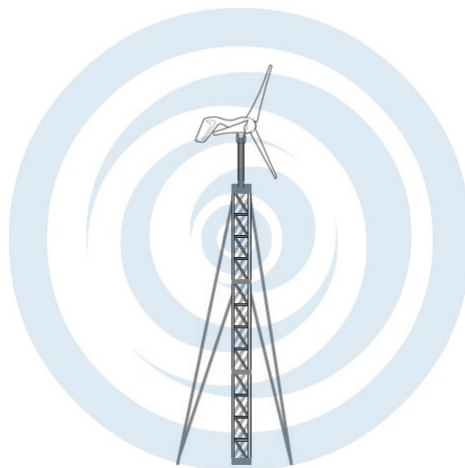


Figura 2: Suports habituals en un aerogenerador

- Manteniment senzill i econòmic, per bé que cal vigilar molt en instal·lar-los en zones costeres, en les quals les petites concentracions de sal que conté l'aire pot fer que un aerogenerador pensat per durar 20 anys o més s'espalli als 3 o 4 mesos [1]. En aquestes zones geogràfiques caldria optar per un aerogenerador pensat per específicament per això, o bé aplicar protectors en forma de pintura i altres al màstil, pales i cargols, entre d'altres. Si els vents canvien de direcció bruscament els coixinets i altres parts mòbils es poden debilitar ràpidament, encarint el manteniment.
- Molt dependent de la velocitat del vent, la constància d'aquest, la direcció i la turbulència. Els aerogeneradors d'alta potència, que poden durar uns 20 o 25 anys, es comenta que duren més en zones costeres perquè el vent és més constant, sempre que estiguin ben protegits contra la corrosió.

- Poden funcionar les 24 hores del dia i generen una energia elèctrica de forma més constant que no pas les plaques solars al llarg de l'any, en la majoria dels casos.
- Quan estan funcionant causen un soroll considerable, de fins a 50 dB en alguns casos.
- La seva sortida és amb trifàsic. Caldria un equip de potència per passar a monofàsic o bé adaptar la instal·lació de la vivenda.

També seria d'especial importància conèixer dades del vent en el poble o ciutat en què es volgués instal·lar, si no coneixem com és el vent just a casa nostra. Molt probablement es pot generar molta més energia amb un aerogenerador situat a la costa de l'Alt Empordà que no pas en un poble d'interior que no destaca pels forts vents. Ordís és un municipi de l'Alt Empordà amb una població que ronda els 400 habitants i que ja fa 9 anys que serveix com a prova pilot de la viabilitat de les energies renovables [4]. En un inici es va col·locar un aerogenerador a l'escola del municipi, i s'ha anat ampliant amb plaques solars i altres. En Lluís Pacheco hi està ficat, ens va comentar alguns aspectes al respecte.



Figura 3: Aerogenerador 400W

Podem trobar aerogeneradors per Internet. En general, els d'ús domèstic que més s'instal·len són com aquest. Generen una potència més aviat baixa, 400 W en aquest cas. Seria una opció a considerar per instal·lacions en què volem assegurar que sempre tenim un mínim de generació d'energia, cosa que amb plaques solars no podem garantir els dies que plou. Combinat amb una bateria, ens permetria acumular energia durant la nit que podem consumir durant el dia.

Si anem a mirar aerogeneradors per intentar cobrir els 5750 W que es preveu per la instal·lació, ens trobem amb equips molt més cars [5].



BORNAY
AEROGENERADOR
BORNAY 6000 W
12/24/48 V
Referencia B6000/48

El **aerogenerador Bornay 6000** disponible en 12/24/48 voltios, es el mayor de los Bornay, adecuado para trabajar con grandes demandas energéticas.

¿Tienes alguna duda? (0)

10 883,95 €
con IVA

Financiación (con)

Figura 4: Aerogenerador 6kW

Si fem els càlculs, veiem que és més econòmic instal·lar molts aerogeneradors de baixa potència que no pas un de molta potència. Ara bé, amb un de sol necessitem menys espai.

Per mi, el factor clau és la velocitat del vent de la nostra zona. Per més aerogenerador que tinguem, si el vent és dèbil ni ens acostarem a la potència que indica el fabricant. La següent figura mostra la potència que lliura l'aerogenerador en funció de la velocitat del vent. Si la velocitat és massa alta l'aerogenerador mateix limita la potència que dona. No és bo fer treballar l'equip amb altes velocitats.



Figura 5: Corba de potència de l'aerogenerador de 6kW

Per això, moltes vegades s'opta per instal·lar un petit aerogenerador, per exemple de 400 W o 600 W per garantir un mínim d'energia elèctrica generada. Cal recordar, però, que estem en una instal·lació d'autoconsum i per tant la instal·lació està connectada a la xarxa. Seria molt més interessant el seu ús en instal·lacions aïllades de la xarxa elèctrica, que no és el cas que estem estudiant.

4.2 Solar fotovoltaica

És la opció més comuna en instal·lacions en què es vol tenir autoconsum. Algunes característiques:

- Solen ser resistents contra la corrosió de la sal i altres.
- Tenen una vida útil que sobrepassa els 10 anys en pràcticament tots els casos. Actualment per panells monocristal·lins hi ha garanties de potència d'entre 25 i 30 anys, i per policristal·lins entre 20 i 25 anys. Hi ha garanties totals de les plaques de 10 i 12 anys en la majoria dels casos [8].
- Per bé que ocupen una superfície considerable, a diferència de l'aerogenerador, es pot minimitzar l'impacte visual si es col·loquen sobre teulada amb la inclinació pròpia de la teulada [10].
- La seva eficiència no és elevada, pel que he buscat és molt i molt difícil arribar al 20% [6].
- Sempre que es pugui s'han de col·locar cara sud, ja que es pot arribar a generar un 35% més d'energia que cara nord.
- Cal un manteniment periòdic que consisteixi en netejar les superfícies amb aigua i un drap. Caldrà revisar que les connexions estiguin en bon estat. Depenent de l'emplaçament, poden arbrar arbres que puguin provocar ombres.
- Buscant al Leroy Merlin, trobo una oferta bastant àmplia de panells solars fotovoltaics, que són els que es mostren a continuació. No considero els packs o ofertes que hi ha.

Potència (W)	PVP (€)	Potència / PVP (W/€)
160	169	0,947
10	31,95	0,313
20	49.95	0,400
50	89.85	0,556
100	109	0,917
180	179	1,005
200	199	1,005
270	159	1,698
275	163	1,687
330	189	1,746
40	69	0,580
260	299	0,870
100	129	0,775
165	189	0,873
270	219	1,233
60	119	0,504
300	269	1,115

Taula 2: Potència (W) i PVP (€) de diferents plaques solars fotovoltaïques del Leroy-Merlin

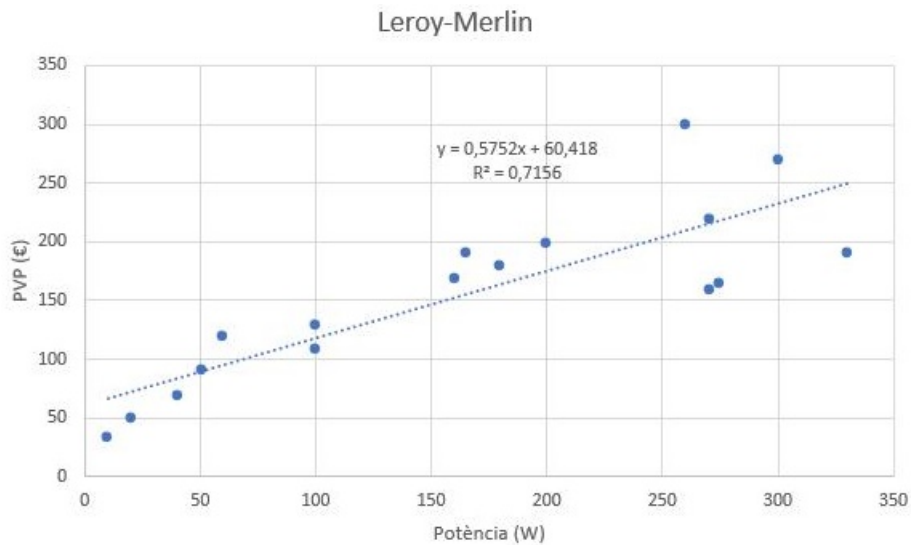


Figura 6: Recta de regressió, plaques del Leroy-Merlin

Com veiem, podem escriure una recta de regressió que s'ajusta prou bé al núvol de punts generats al pla bidimensional. A ull, si ens fixem ens els 5 primers punts, que són plaques de baixa potència, és fàcil veure que el pendent és major, o sigui, cal pagar més € per W. En canvi, per panells de més potència, el W de potència ens surt més barat. Així, el més òptim seria escollir panells de grans dimensions, o sigui altes potències.

Anem a analitzar el panell que pot donar 330W de potència i que val 189€ [9]. Com es veu a la gràfica, sembla una de les opcions que té millor relació potència/preu.

Novedad

Panel solar fotovoltaico Glc 330W

Ref.82165089

Panel solar fotovoltaico policristalino de 72 células, especialmente diseñado para sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica sobre terreno. Garantía de potencia 25 años, 10 años garantía de producto. Conectores MC4 compatible. Marco de aluminio anodizado 35mm de espesor y capa posterior blanca.

[Ver Ficha técnica](#)

1 **189,00€**

▲ Recogida en tienda
 ● Te lo entregamos en 15 días

[Ver disponibilidad en tu tienda](#)

Imprime o compártelo en:

Figura 7: Panell GLC 330 W

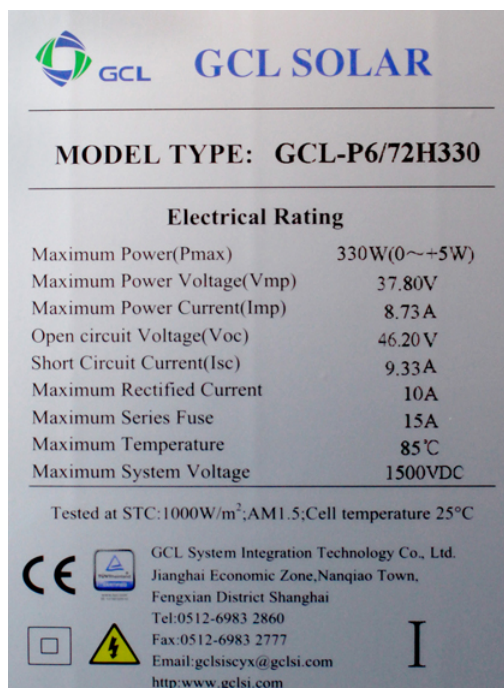


Figura 8: Característiques panell

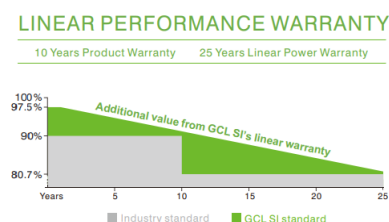


Figura 9: Garanties del panell

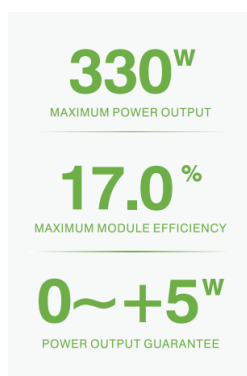


Figura 10: Eficiència i característiques principals del panell

Entre d'altres, trobo molt interessant destacar que l'eficiència màxima del panell és del 17%; per parlar de plaques solars és un bon rendiment. Això és, de tota l'energia solar que incideix en el panell, només un 17% es converteix en electricitat. També observem com el fabricant ens dona unes garanties que trobo molt generoses, indicant així que l'equip està pensat per durar

més de 10 anys sense problemes. La garantia de potència, o sigui, que la potència màxima que pot donar la placa no disminuirà excessivament amb el temps, és de 25 anys. Com veiem, en 25 anys el mòdul “només” perd un 16,8% de l’eficiència inicial.

Module Dimensions	1956×992×35mm (77 × 39.05 × 1.38 inches)
Weight	22.2 kg

Figura 11: Dimensions i pes del panell

$$Superfície = 1,956\,m \cdot 0,992\,m = 1,94\,m^2$$

El mòdul té unes dimensions de $1,956\,m \cdot 0,992\,m$, que equival a $1,94\,m^2$. El gruix és només de $3,5\,cm$. Si volem aconseguir $1\,kW$ de potència màxima, caldrà instal·lar 3 panells com aquest, que fan un total de $6\,m^2$. Ara bé, és ser molt optimista considerar que un panell policristal·lí com aquest dona sempre el màxim de la seva potència. Mirant per pàgines web veig que es necessiten entre $8\,i\,11\,m^2$ de panells policristal·lins per donar $1\,kW$ de potència. Així, per regla de tres, podem assumir que si la placa pot donar com a màxim $330\,W$, de mitjana estarà donant $200\,W$.

$$Potència\,estimada = 330\,W \cdot 6\,m/10\,m = 200\,W$$

En panells monocristal·lins, en canvi, amb entre $6\,i\,8\,m^2$ es pot aconseguir $1\,kW$. Els panells monocristal·lins tenen una major eficiència, degut a la tècnica que s’ha utilitzat per conformar-los. Es caracteritzen per ser de color negre, mentre que els policristal·lins són d’un color blau fosc [11][13]. Caldria conèixer de quines dimensions de teulada disposem per tal de triar entre un tipus i un altre. De forma estimada [10]:

$$Panells\,policrital\cdot lins : 10\,m^2/kW$$

$$Panells\,monocrital\cdot lins : 7\,m^2/kW$$

$$5750\,W \frac{1\,panell}{200\,W} = 28.75\,panells \rightarrow 29\,panells$$

$$29\,panells \cdot \frac{2\,m^2}{panell} = 58\,m^2$$

Si volem poder donar els $5750\,W$ de forma continuada, i assumim que un sol panell GCL-P6 dona $200\,W$ de mitjana, ens caldran 29 panells, que suposarien pràcticament $60\,m^2$. El preu seria de 5481 €.

Més endavant, veurem com la idea no és poder donar la potència de forma continuada, ja que en molts moments no la consumiríem i potser lliuraríem tanta energia a la xarxa que deixarien de compensar-nos la factura. No volem instal·lar una potència excessiva de plaques solars. El que volem és poder donar una potència acceptable i lliurar l’excés d’energia, o bé valorar si ens

aniria millor posar una bateria. Si fa falta consumir energia de la xarxa en un moment donat, no hi ha problema. Així que m'estic passant en intentar donar 5750 W amb plaques, però em serveix per la comparació amb l'aerogenerador que s'exposa a continuació.

4.3 Comparativa: aerogenerador vs plaques solars fotovoltaïques

Mirant els preus, amb plaques solars i de forma bastant realista, es necessiten 5481 € per plaques, mentre que per l'aerogenerador de 6000 W , pagariem més de 10000 € . A més, l'aerogenerador pot donar com a màxim 6 kW , en funcionament normal en donaria menys. Les plaques només produirien quan fes Sol, però hem de recordar que durant la nit els consums solen ser baixos.

Dit això, hi ha molts altres factors a part del preu que he anat comentant i que vull recollir en forma de taula.

Característica	Aerogenerador	Solar fotovoltaica	Guanyador
Vida útil	20 anys si poques ràfagues brusques i manteniment	20 o 25 anys amb correcte manteniment	-
Superfície i volum	Diàmetres de 4 m , entre pales i cua 3 m , necessita alçada i suports	1 kW per cada 10 m^2 en panells policristal·lins	Aerogenerador
Soroll	Considerable, pot ser molest	Inexistent	Solar fotovoltaica
Impacte visual	Considerable	Mínim si s'aprofita la pendent de la taulada	Solar fotovoltaica
Manteniment	Coixinets i parts mecàniques, molt crític en zones costeres	Pot fer falta podar arbres, anual	-
Popularitat			Solar fotovoltaica
Preu per 5750 W màxims	$> 10000\text{ €}$	5481 €	Solar fotovoltaica

Taula 3: Comparació entre aerogenerador i plaques solars fotovoltaïques

Crec que la millor opció per la nostra casa unifamiliar és fer servir plaques solars. El motiu principal és el cost, com veiem són bastant més barates les plaques solars (tot i que només funcionen en hores de Sol, a la nit la casa unifamiliar gastarà molt poc). Sempre que es disposi de prou teulada, que per la casa unifamiliar suposo que és el cas, veig que val la pena la solar fotovoltaica. A més, no fa soroll i l'impacte visual és menor que en el cas de l'aerogenerador.

5 Càlculs

La irradiància és la magnitud utilitzada per descriure la potència incident per unitat de superfície de tota mena de radiació electromagnètica. Hi ha mapes amb dades al respecte, que ens serviran per calcular quanta energia ens donaran les plaques al cap de l'any [12].

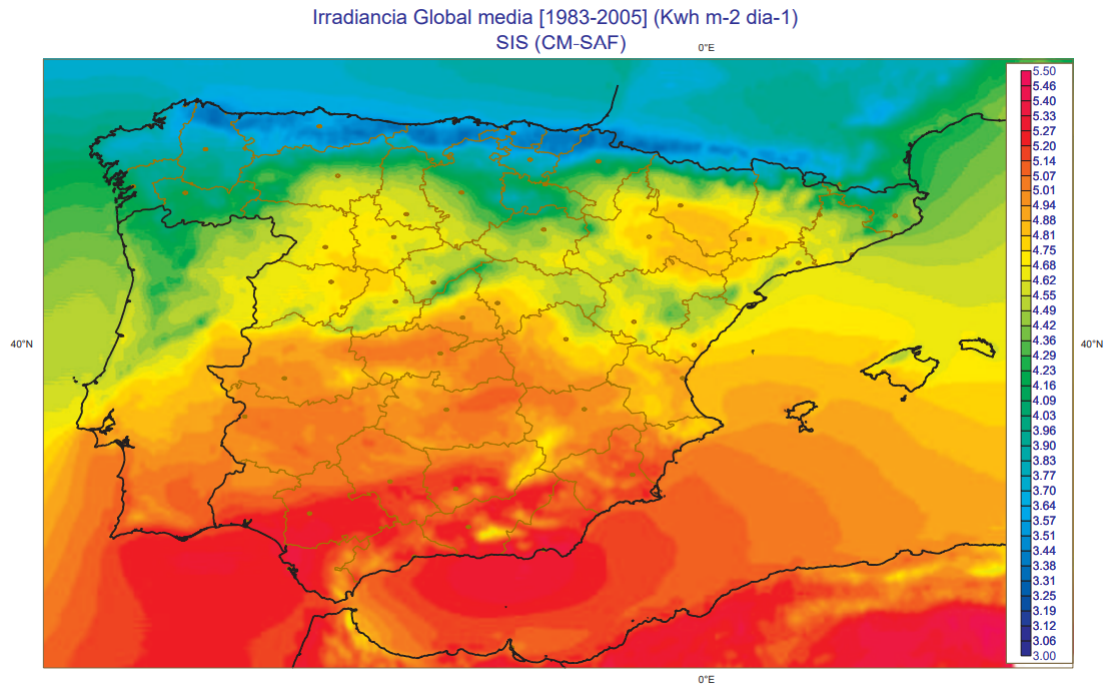


Figura 12: Irradiància a la Península Ibèrica

Anem a calcular quina quantitat d'energia generariem en una instal·lació amb les següents característiques:

$$\text{Potència instal·lada màxima} = 3kW$$

He trucat a Revosolar i m'han indicat que per una instal·lació de 5750 W de potència contractada sol ser habitual instal·lar uns 3 kW, tot i que caldria conèixer els consums per fer un estudi més detallat. Té bastant de sentit. Les plaques com a màxim ens donaran 3 kW. Durant el dia, a casa meva, una casa unifamiliar on vivim 4 persones, no és gaire habitual superar els 3000 W, o si ho fem és en instants de curta durada. Així que si durant el dia fes Sol, la majoria de demanda d'electricitat l'estaríem cobrint amb les plaques solars.

$$\text{Pèrdues en cables, inversor i altres} = 14\%$$

Tecnologia : Sil·lici policristal·lí

La pàgina ens demana que situem en quin punt col·locariem les plaques, de manera que pot calcular quines serien les pèrdues degut a la temperatura local. A més, així pot saber la radiació solar, gràcies a les dades que té.

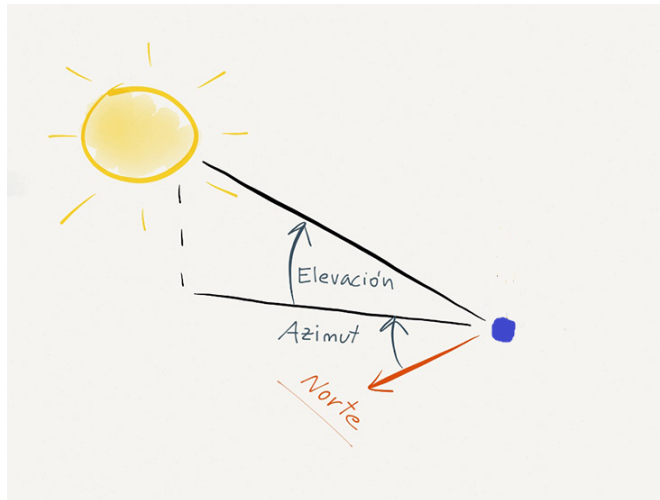


Figura 13: Azimut i elevació

Les plaques normalment es decideixen col·locar amb una inclinació de 35° respecte l'horitzontal (elevació) i a 0° , o sigui, al Sud. L'azimut té com a referència el Nord en navegació, topografia i geodèsia, mentre que es referencia respecte el Sud en astronomia. En la imatge anterior s'agafa respecte el Nord, en la següent respecte el Sud. En instal·lacions de plaques solars se sol referenciar l'Azimut amb el Sud, però crec que és bo citar que en certs camps de coneixement no és així. En cas que la teulada no fes 35° , cosa que seria possible en una casa unifamiliar, es podrien utilitzar suports per mantenir les plaques amb aquesta inclinació i així millorar el rendiment.

També s'ha de dir que els 35° d'elevació són orientatius. Girona està situada a uns 42° de latitud, llavors, per què se sol dir que les plaques s'han d'instal·lar amb una inclinació de 35° ?

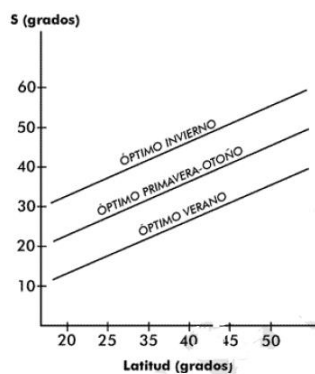


Figura 14: Angle òptim d'elevació de les plaques en funció de la latitud i l'estació de l'any

Degut a la inclinació de l'eix de la Terra, que és d'uns 23.5° , l'angle d'incidència dels rajos del Sol sobre la superfície d'un punt que no està a l'Equador va canviant al llarg de l'any. A l'hivern, com que els rajos de sol són menys perpendiculars a la superfície d'on estem, fa més fred i cal inclinar més les plaques. A l'estiu els rajos arriben més perpendiculars i no caldria inclinar tant

les plaques. Noteu també com si la latitud és menor, o sigui, estem més aprop de l'Equador, en general cal inclinar menys les plaques perquè ja de per sí els rajos arriben amb un bon angle a la superfície. Com he dit, a Girona estem a uns 42° , així que mirant la gràfica anterior no és d'estranyar que es recomani col·locar les plaques amb un angle d'elevació de 35° . D'aquesta manera al cap de l'any tindrem la major generació possible d'energia.

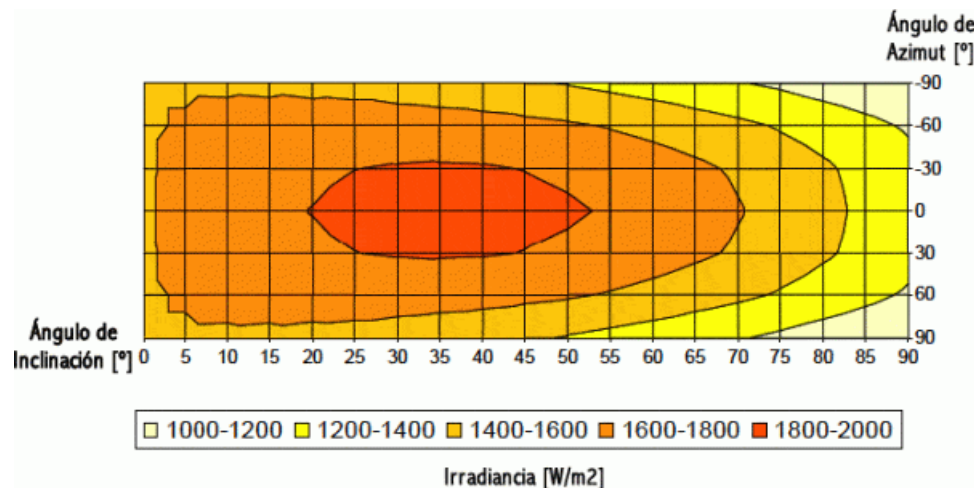


Figura 15: Irradiació al panell en funció de l'angle de l'azimut i angle d'inclinació

De la figura s'observa com la radiació rebuda en una mateixa superfície pot arribar a ser el doble en funció de com es col·loqui la placa respecte l'azimut i de quant s'inclini. Així, queda clar que per la nostra instal·lació:

$$\text{Angle azimuth} = 35^\circ$$

$$\text{Angle respecte el Sud} = 0^\circ$$

Sol·licitem el càlcul amb les dades que acabo d'indicar:

JRC **CM SAF** **Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps**

EUROPA > EC > JRC > DIR-G > RE > SOLAREC > PVGIS > Interactive maps > europe

[Contact](#) [Important legal notice](#)

Europe Africa-Asia

e.g., "Ispra, Italy" or "45.256N, 16.9389E"

Search

Latitude: Longitude: Go to lat/lon

cursor position: 41.469, 2.636
selected position: 42.008, 2.806

For development purposes only

For development purposes only

For development purposes only

For development purposes only

Google

Datos de mapas ©2019 Google, Inst. Geogr. Nacional | Términos de uso

Solar radiation Temperature Other maps

NEW: PVGIS 5 release candidate. Read about it here and try it out!

PV Estimation Monthly radiation Daily radiation Stand-alone PV

Performance of Grid-connected PV

Radiation database: Climate-SAF PVGIS [What is this?]

PV technology: Crystalline silicon

Installed peak PV power 1 kWp

Estimated system losses [0;100] 14 %

Fixed mounting options:

Mounting position: Free-standing

Slope [0;90] 35 ° ☐ Optimize slope

Azimuth [-180;180] 0 ° ☐ Also optimize azimuth

(Azimuth angle from -180 to 180. East=-90, South=0)

Tracking options:

☐ Vertical axis Slope [0;90] 0 ° ☐ Optimize

☐ Inclined axis Slope [0;90] 0 ° ☐ Optimize

☐ 2-axis tracking

Horizon file: Seleccionar archivo Ningún archivo seleccionado

Output options

☐ Show graphs ☐ Show horizon

☒ Web page ☐ Text file ☐ PDF

Calculate [help]

Figura 16: Pàgina per calcular la generació d'energia de plaques solars [16]

Ens retorna un fitxer amb la següent informació:

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 41°59'53" North, 2°48'38" East, Elevation: 114 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 3.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 10.0% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.6%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 24.6%

Fixed system: inclination=35 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	8.85	274	3.71	115
Feb	11.20	315	4.73	132
Mar	13.20	408	5.69	176
Apr	12.80	383	5.63	169
May	13.50	419	6.05	188
Jun	14.30	428	6.53	196
Jul	14.20	439	6.58	204
Aug	13.70	425	6.36	197
Sep	12.80	384	5.80	174
Oct	11.10	344	4.91	152
Nov	9.05	272	3.87	116
Dec	8.12	252	3.42	106
Year	11.90	362	5.28	160
Total for year		4340		1930

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Figura 17: Resultats de sol · lictar el càlcul

Mes	Mitjana diària (kWh)	Mitjana mensual (kWh)	Suma radiació diària (kWh/m ²)	Suma radiació mensual (kWh/m ²)
Gener	8,74	271	3,65	113
Febrer	11,10	311	4,67	131
Març	13,10	407	5,69	176
Abril	12,80	384	5,67	170
Maig	13,50	419	6,08	188
Juny	14,30	428	6,56	197
Juliol	14,20	439	6,62	205
Agost	13,70	426	6,40	198
Setembre	12,80	384	5,82	175
Octubre	11,10	344	4,91	152
Novembre	8,98	270	3,84	115
Desembre	8,17	253	3,42	106

Taula 4: Taula amb resultats de la pàgina

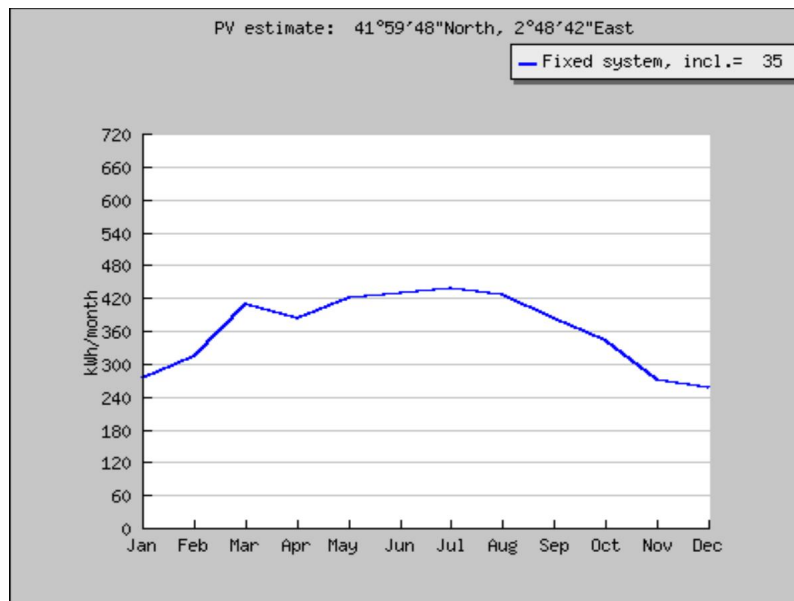


Figura 18: Gràfica kWh/mes

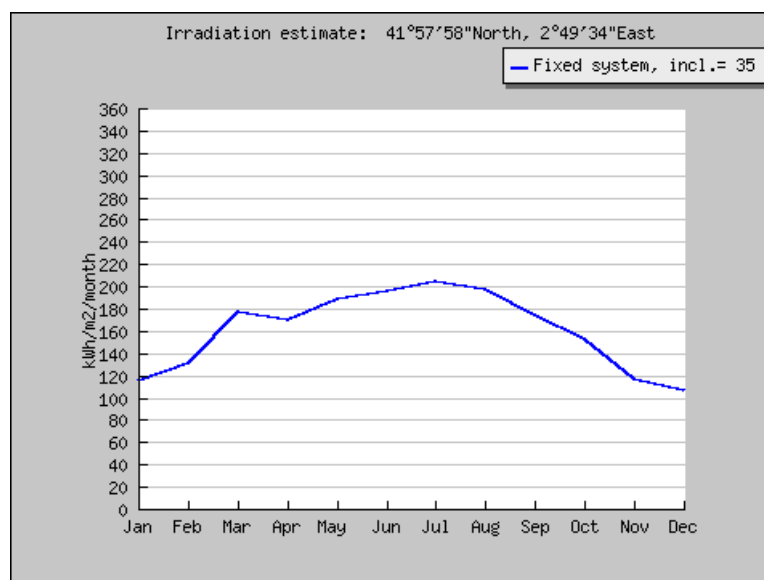


Figura 19: Gràfica $kWh/m^2/mes$

Són lògics els resultats? Mirem el gener.

De mitjana, tenim $361 kWh/m^2$, mentre que el gener generem $271 kWh$. En aquesta instal·lació tenim $3 kW$ i hi ha pèrdues varies. Ja hem vist com una placa de $330 W$ ocupa pràcticament $2 m^2$, per fer $3 kW$, ens caldrien uns $18 m^2$. Aleshores, el gener

$$113 kWh/m^2 \cdot 18 m^2 = 2034 kWh$$

Ara bé, el rendiment de les plaques és d'un 17%,

$$2034 kWh \cdot 0.17 = 345.78 kWh$$

Si tenim en compte que el rendiment del 17% és optimista, i que a més no hem tingut en compte pèrdues per escalfament o per falta de ventilació, així com pèrdues als cables i a l'inversor, els $271 kWh$ que ens indica la pàgina web semblen fiables, no estan tan lluny dels $345.78 kWh$.

Pel que fa a la instal·lació, dono uns números que crec que s'ajusten molt amb els preus reals. He efectuat trucades a diverses empreses del sector de la solar fotovoltaica per tal de conèixer quant cobren pels seus serveis.

El càlcul de plaques solars és com tot, pots intentar treure un model matemàtic intentant tenir en compte tot el que afecta, o pots treballar a partir de dades experimentals. Si tingués un veí amb plaques solars, em faria més dels seus números que dels calculats. Tot i això, puc dir que els números que em dona la pàgina web s'ajusten bastant als que comenta la gent per fòrums i demés.

$$Preu = 189 \text{ €/placa}$$

$$Potència = 330 \text{ W/placa}$$

Recordem que estem fent càlculs per $3 kW$ de potència màxima de les nostres plaques.

$$3000 \text{ W} \cdot \frac{(1 \text{ placa})}{330 \text{ W}} \approx 9 \text{ plaques}$$

$$\text{El seu preu serà de } 9 \text{ plaques} \cdot 189 \text{ €/placa} = 1701 \text{ €}.$$

La tensió que donen les plaques solars és contínua, ens cal un equip per passar-la a alterna i així poder lliurar l'energia a la xarxa o simplement alimentar els nostres equips. Ens cal un inversor.



Inversor a red FRONIUS Primo 3.0-1 de 3,0kW monofásico

Inversor a red de 3kW de potencia nominal, monofásico sin transformador FRONIUS Primo 3.0-1. Incluye WLAN, LAN, dataloguer y Servidor WEB. IP-65.

Referencia: Inv.Red.Fronius Primo3.0-1

Plazo de entrega: 24-72 horas

1 109,00 €

Cantidad [AÑADIR AL CARRITO](#)



Figura 20: Fronius Primo 3kW

Aquest inversor de la marca Fronius seria molt correcte pels nostres $3000 W$ màxims i costaria 1109 € . El seu cost és elevat, comencem a veure que en una instal·lació de plaques solars les plaques no ho són tot.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)					
DATOS DE ENTRADA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ max, 1} / I_{dc\ max, 2}$)	12 A / 12 A				
Máxima corriente de cortocircuito por serie EV (MPP ₁ /MPP ₂)	18 A / 18 A				
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ min}$)	80 V				
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)	80 V				
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,1}$)	710 V				
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ max}$)	1.000 V				
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ min.} - U_{mpp\ max.}$)	200 - 800 V			210 - 800 V	240 - 800 V
Número de seguidores MPP	2				
Número de entradas CC	2 + 2				
Máxima salida del generador EV ($P_{dc\ max}$)	4,5 kW _{gen}	5,3 kW _{gen}	5,5 kW _{gen}	6,0 kW _{gen}	6,9 kW _{gen}
DATOS DE SALIDA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Potencia nominal CA ($P_{ac,1}$)	3.000 W	3.500 W	3.680 W	4.000 W	4.600 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.500 VA	3.680 VA	4.000 VA	4.600 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	13,0 A	15,2 A	16,0 A	17,4 A	20,0 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	< 5 %				
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,1}$)	0,85 - 1 ind. / cap.				

Figura 21: Característiques de diversos inversors Fronius

Característiques Fronius Primo 3 kW	
Màxima corrent d'entrada (A)	1 x 63 A
Màxim corrent de curtcircuit	0,05 – 4 mm ²
Rang de tensió d'entrada	1,5 W
Tensió de CC mínima	40,0 mA
Potència nominal de sortida	1,0
Corrent de sortida nominal	Classe B (EN50470)
Rang de tensió de sortida	Classe 2 (EN/IEC 62053-23)
Freqüència	30 x I _{max} / 0,5 s
Coefficient de distorsió	Montatge interior (Carril DIN)
Factor de potència	2 mòduls DIN 43880
Altura, amplada, profunditat	IP 51 (marc frontal), IP 20 (terminals)
Pes	6 dígit LCD
Protecció	-25 a 55 °C
Consum nocturn	89,0 mm
Rang de temperatura ambient	35,0 mm
Màxim rendiment	65,6 mm
Rendiment europeu	Modbus RTU (RS485)
Medició de l'aïllament en CC	Sí
Seccionador CC	Sí
Protecció contra polaritat inversa	Sí
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP, Fronius Solar API
USB	Datalogging, actualització d'inversors via USB
Connectors RJ 45	2 connectors, Fronius Solar Net
Datalogger i servidor web	Integrat
RS485	Modbus RTU SunSpec o connexió del comptador

Taula 5: Característiques de l'inversor Fronius Primo 3kW

Recordem les característiques del model de placa seleccionat.






 GCL SOLAR	
MODEL TYPE: GCL-P6/72H330	
Electrical Rating	
Maximum Power(Pmax)	330W(0~+5W)
Maximum Power Voltage(Vmp)	37.80V
Maximum Power Current(Imp)	8.73A
Open circuit Voltage(Voc)	46.20V
Short Circuit Current(Isc)	9.33A
Maximum Rectified Current	10A
Maximum Series Fuse	15A
Maximum Temperature	85°C
Maximum System Voltage	1500VDC
Tested at STC:1000W/m ² ;AM1.5;Cell temperature 25°C	
  GCL System Integration Technology Co., Ltd. Jianghai Economic Zone,Nanqiao Town, Fengxian District Shanghai Tel:0512-6983 2860 Fax:0512-6983 2777 Email:gclsicxy@gclsi.com http:www.gclsi.com	
 	

Figura 22: Dades del panell

La tensió màxima d'entrada és de 1000 V, i la mínima de 80 V. Les plaques solars que hem vist anteriorment donen com a màxim 37.8 V, així que posaria les 9 plaques en sèrie. Així, $37.8 \text{ V/placa} \cdot 9 \text{ plaques} = 340.2 \text{ V}$, que considero una bona tensió. Com a màxim, una placa pot donar 8.73 A, mentre que l'inversor té un màxim de 12 A. Llavors, tan per tensió com per intensitat estaria funcionant correctament.

A més de l'inversor, ens instal·lacions d'aquest tipus s'ha d'afegir un comptador bidireccional per tal d'optimitzar l'autoconsum i captar la corba de càrrega de la casa. Cito el que comenten a «Autosolar» d'un comptador bidireccional:

«Es un medidor de energía monofásico que se puede configurar para controlar dinámicamente la potencia que requiere nuestra instalación y gracias a ello podemos configurar el inversor para que vierta o no el excedente de producción solar, en caso de que produzcamos más energía de la que consumimos. Además actúa como contador de energía y envía la información de consumo al inversor. Gracias a ello en el portal web del fabricante del inversor o en su app móvil podremos ver una comparación de la energía que requerimos y la que somos capaces de generar con nuestros paneles fotovoltaicos en la vivienda o nave industrial. Gracias a ello nos podremos ajustar a las horas de mayor producción y rentabilizar al máximo nuestro kit solar de conexión a red.»

Sembla indispensable disposar d'aquest equip per aconseguir el que volem: poder beneficiar-nos directament de l'energia que generem però també lliurar-la a la xarxa si és que no necessitem tota la que generem en aquell instant.

El model que decideixo escollir per això és el Fronius Smart Meter 63A-1 [19].



Figura 23: Fronius Smart Meter. Pensat per col·locar als rails d'un quadre o similar. [19]

Pel que he llegit és un equip fiable que disposa de comunicació Modbus RTU. Altres característiques són:

Característiques Fronius Smart Meter 63A-1	
Voltatge nominal (V)	230 - 240 V
Màxima corrent (A)	1 x 63 A
Secció transversal	16 mm ²
Connexió de secció transversal, comunicació i conductor neutre	0,05 - 4 mm ²
Autoconsum	1,5 W
Intensitat d'inici	40,0 mA
Classe de precisió	1,0
Precisió d'energia activa	Classe B (EN50470)
Precisió d'energia reactiva	Classe 2 (EN/IEC 62053-23)
Sobrecàrrega (curta duració)	30 x I _{max} / 0,5 s
Instal·lació	Montatge interior (Carril DIN)
Carcassa	2 mòduls DIN 43880
Tipus de protecció	IP 51 (marc frontal), IP 20 (terminals)
Display	6 dígit LCD
Rang de funcionament	-25 a 55 °C
Amplada	89,0 mm
Altura	35,0 mm
Profunditat	65,6 mm
Interfície amb l'inversor	Modbus RTU (RS485)

Taula 6: Fronius Smart Meter 63A-1

A white, wall-mounted smart meter. The meter has a digital display showing '000005 kWh' and '0.00'. The display is labeled 'SMART METER' at the top. The meter is mounted on a white wall.



AÑADIR AL CARRITO

Les plaques caldria connectar-les en sèrie, de manera que en condicions nominals, segons indica el fabricant, cada una tindria $37,8 V$ als seus terminals i passaria un corrent a través seu de $8,73 A$. Amb 9 plaques, s'aconseguiria una diferència de tensió de $340,2 V$ i amb la intensitat de $8,73 A$ això serien $2970 W$, tal com preteníem. Noteu els díodes que hi ha instal·lats en paral·lel amb les plaques. De primeres sembla que la seva funció és nul·la, però cal pensar que a vegades hi haurà ombres i alguna o algunes plaques no donaran igual que les altres, llavors enlloc de lliurar energia n'absorbiran, i això no ho volem. Un company em comentava que els inversors Fronius els posaven per instal·lacions en què totes les plaques donaven la mateixa energia, i que si hi havia ombres o les plaques estaven orientades diferent, posaven un inversor per cada placa. En una teulada d'una vivenda unifamiliar dubto que tinguéssim massa problemes, però per si de cas jo afegiria els díodes.

També podeu observar les proteccions magnetotèrmiques a banda i banda de l'inversor, així com el diferencial de tipus A, el qual ens protegeix correctament els equips de potència, com l'inversor. L'inversor Fronius ja té incorporat un seccionador de CC i probablement ja ens protegiria la instal·lació a banda i banda contra sobrecàrregues i curtcircuits, però no és el que costa un parell de magnetotèrmics classe C de 16A, així que jo els instal·laria.

I com s'enllaça l'inversor amb la instal·lació de la casa i/o la xarxa elèctrica en cas que volguem tenir la possibilitat de lliurar energia a la xarxa?

El fabricant Fronius ens indica un esquema simplificat de com pot ser una instal·lació fotovoltaica [20].

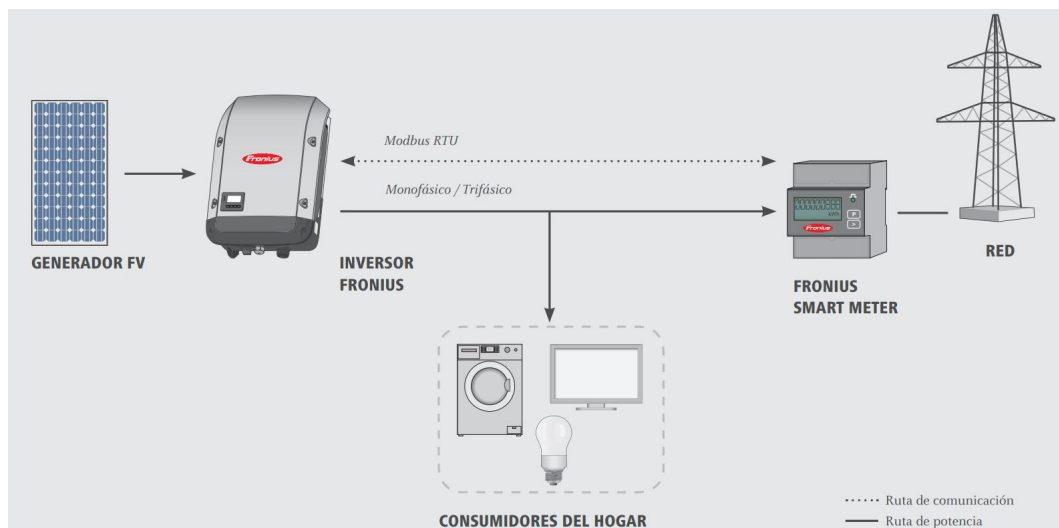


Figura 26: Connexionat de les plaques, inversor, Smart Meter i comptador

La idea és que l'inversor ens dona la potència que generen les plaques, i aquesta en primera instància va pels elements receptors de la vivenda. En cas que la potència a la sortida de l'inversor sigui major que la necessitada a la instal·lació, la potència restant és pot lliurar a la

ESQUEMA UNIFILAR BÁSICO PARA PROSUMIDORES

RED EPESF B.T.

LADO B.T. E.P.E.

LADO B.T. DEL CLIENTE

M kWh MEDIDOR BIDIRECCIONAL

M kWh MEDIDOR DIRECCIONAL

ITM

TABLERO VIVIENDA

ID

ITM

ITM

CONSUMOS GENERALES

TABLERO INVERSOR

ITM 2P
□ A
□ KA
xxx VCA

ID 2P
□ A
30mA

LADO VCA

D

INVERSOR

LADO VCC

ITM 2P
□ A
□ KA

Referencias:

ITM Interruptor Termomagnético

ID Interruptor Diferencial

D Descargador de Sobretensiones

M Medidor de Energía provisto por EPESF

MODULOS FOTOVOLTAICOS

□ Wp

□ Cantidad de módulos

Penso que aquest esquema representa bastant bé el que hauríem de fer. Cal col·locar un magnetotèrmic en sèrie amb la o les plaques solars, i a continuació l'inversor. Passat l'inversor, un interruptor contra sobretensions el veig opcional perquè l'inversor ja és capaç de regular la seva sortida. A continuació un diferencial tipus A preferiblement, ja que l'inversor tindrà certes fugues, i un magnetotèrmic. Seguidament, és opcional disposar d'un comptador unidireccional per tal de conèixer quanta potència ens generen les plaques. Cal dir, però, que l'inversor ja té incorporada aquesta funció. Els inversors Fronius van acompanyats per un bon software que

permet veure les potències al llarg del temps, així que no caldria el comptador direccional que hi ha a la figura. El punt d'enllaç de la instal·lació d'autoconsum i la dels receptors de la vivenda és passat l'ICP. Recordem que l'usuari d'una instal·lació només hauria de manipular el que hi ha aigües avall del comptador principal. Noteu el comptador bidireccional. Aquest és l'SmartMeter que acabo d'explicar, i és l'encarregat de decidir si lliurar l'energia a la xarxa elèctrica o no. S'hauria de col·locar sota el comptador principal. Com veieu, la idea és lliurar l'energia a la xarxa quan els receptors de la vivenda consumeixin menys potència que la que hi ha passat l'inversor. L'inversor Fronius, es pot comunicar per Modbus amb l'SmartMeter bidireccional, facilitant-li la decisió de si estirar potència de la xarxa o lliurar-ne.

La instal·lació completa, per tant, seria així:

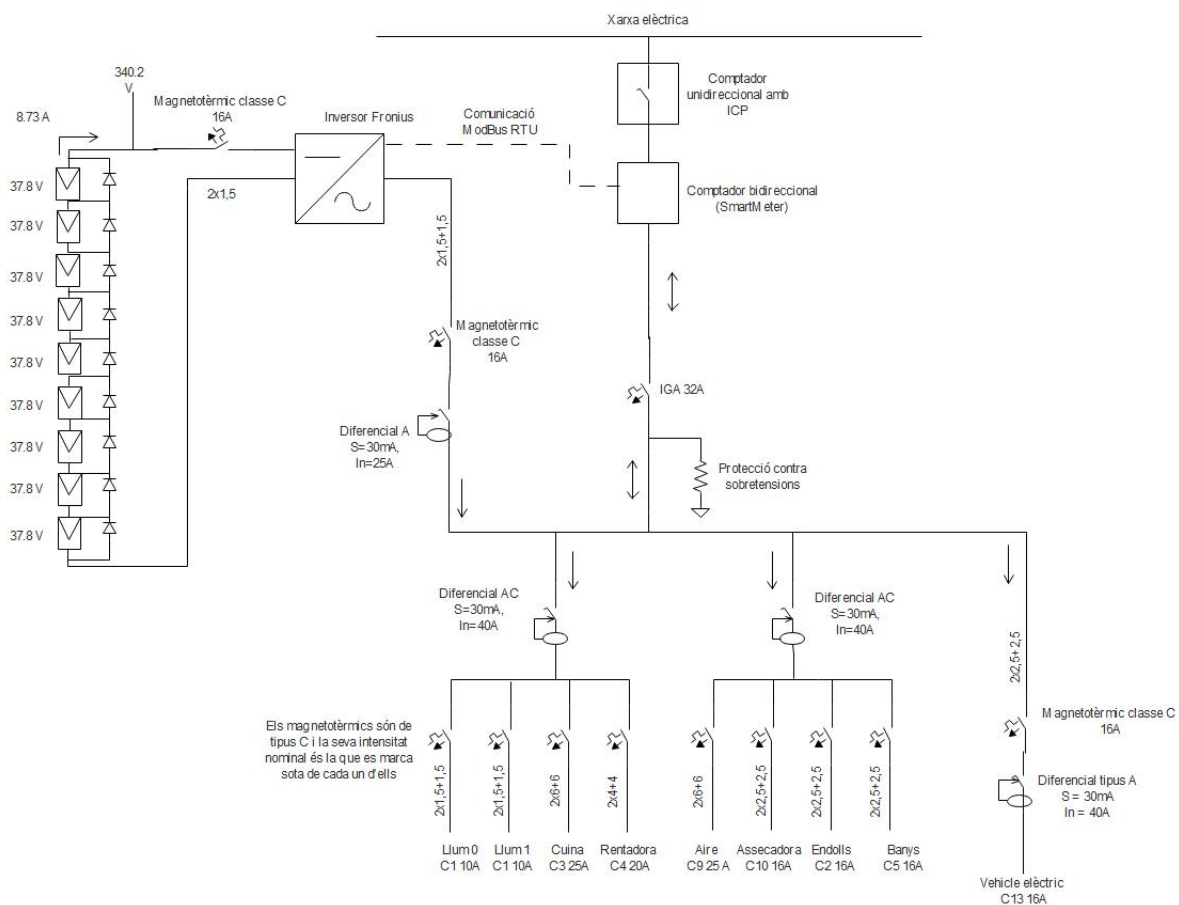


Figura 28: Esquema unifilar de tota la instal·lació

He trucat a Revosolar i m'han indicat que per fer la instal·lació d'unes 10 *plaques*, el cost de la mà d'obra més els cables, connectors i proteccions (diferencial tipus A i dos magnetotèrmics) era de 1100 € aproximadament. Primer he pensat que era una xifra molt alta, però després m'han comentat que cobraven 145 €/any per fer el manteniment, que només consisteix en revisar que les plaques donin una potència acceptable, netejar-les i revisar el connexionat, així que m'he adonat que aquests serveis es fan pagar. El cost dels suports per les plaques seria d'uns 45 €/placa, per tant, $45 \text{ €/placa} \cdot 9 \text{ plaques} = 405 \text{ €}$.

Per tenir la instal·lació de 3 kW , el cost inicial seria de

$$Cost_{instal \cdot lació} = Cost_{plaques} + Cost_{inversor} + Cost_{smart\ meter} + Cost_{suports} + Cost_{instalació} + Cost_{manteniment}$$

$$Cost_{instal \cdot lació} = 1701\text{ €} + 1109\text{ €} + 114,95\text{ €} + 405\text{ €} + 1100\text{ €} + 145\text{ €/any} = 4429,95\text{ €} + 145\text{ €/any}$$

En forma de taula ho podem resumir com

Concepte	Cost
9 plaques solars, 3kW en total	1701 €
Inversor Fronius 3kW	1109 €
Smart meter	114,95 €
Suports per les plaques	405 €
Instal·lació	1100 €
Manteniment	145 €/any
Total	4429,95 € + 145 €/any

Taula 7: Cost (€) dels diferents elements de la instal·lació fotovoltaica

5.1 Càlculs lliurant tota l'energia a la xarxa

Recordem el preu orientatiu que m'han dit les empreses a les quals vaig trucar: $0,05\text{ €/kWh}$. El gener, que és un dels pitjors mesos en termes de generació d'energia,

$$271\text{ kWh} \cdot 0,05\text{ €/kWh} = 13,55\text{ €}$$

És a dir, de la factura de gener, es descomptarien $13,55\text{ €}$ que s'haurien compensat al lliurar l'energia a la xarxa. Si s'hagués consumit tota aquesta energia enlloc de lliurar-la a la xarxa, ens sortiria més a compte, ho veurem més endavant. Recordem que hem sol·licitat càlculs a la pàgina web amb 3 kW de plaques. Al llarg de l'any, els kWh generats seran:

$$Energia\ per\ any : (271 + 311 + 407 + 384 + 419 + 428 + 439 + 426 + 384 + 344 + 270 + 253)\text{ kWh} = 4336\text{ kWh}$$

$$\text{Si podem vendre aquesta energia a } 0,05\text{ €/kWh de mitjana, això són } 4336\text{ kWh/any} \cdot 0,05\text{ €/1 kWh} = 216,8\text{ €/any}$$

Això és, per recuperar la inversió inicial suposant que lliurem tota l'energia generada amb les plaques a la xarxa,

$$Cost_{instal \cdot lació}(t) = 4429,95\text{ €} + 145\text{ €/any}$$

$$Benefici_{lliurar\ xarxa}(t) = 216,8\text{ €/any}$$

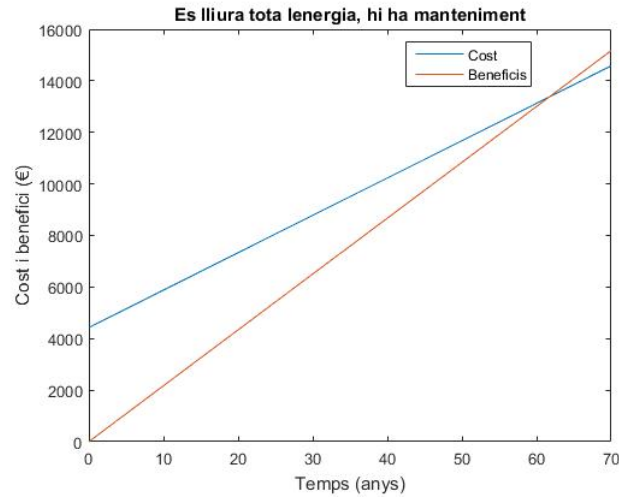


Figura 29: Cost i benefici al llarg del temps, es lliura tota l'energia, no hi ha manteniment

$$Temps amortització = 61,7 \text{ anys}$$

Com s'observa amb les gràfiques, el fet d'haver de pagar el manteniment encareix moltíssim el cost de la nostra instal·lació. El professor a classe ja ens va avançar que en molts casos el manteniment s'ha de tenir molt en compte. Quan he trucat i m'han dit que cobraven 145€/any de manteniment no m'ha semblat exagerat en comparació amb el preu de la instal·lació o de la inversió inicial, però la gràfica deixa clar que afecta moltíssim. Sens dubte, pagar manteniment i retornar tota l'energia a la xarxa no surt a compte.

El manteniment sembla molt senzill de fer, tan sols cal netejar les plaques, cosa que qui més qui menys pot fer, apretar les connexions en cas que faci falta, i mirar que no hi hagi cap placa que funcioni malament. Si les plaques són mínimament accessibles ho veig fàcil de fer, així que vaig a analitzar quant de temps es necessitaria per amortitzar una instal·lació que retorna tota la seva energia a la xarxa, ara sense manteniment.

$$Cost \text{ instal·lació}(t) = 4429,95 \text{ €}$$

$$Benefici \text{ lliurar xarxa}(t) = 216,8 \text{ €/any}$$

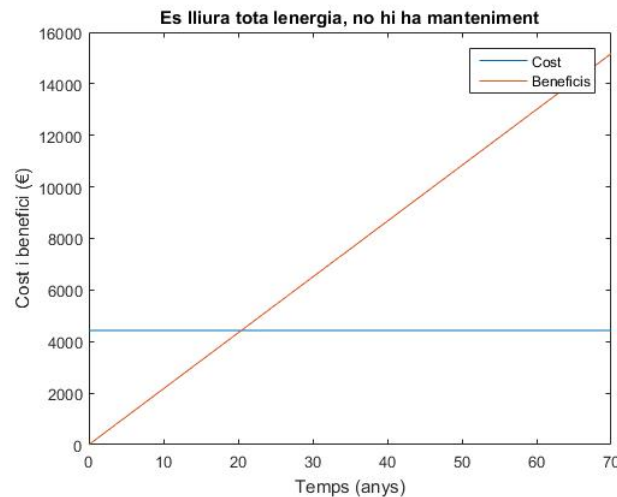


Figura 30: Cost i benefici al llarg del temps, es lliura tota l'energia, no hi ha manteniment

$$Temps amortització = 20,4 \text{ anys}$$

La diferència entre fer manteniment o no és molt significativa! Recuperar la inversió inicial en poc més de 20 anys podria acabar sortint rentable, però no seria la millor de les inversions. La majoria de plaques tenen una garantia total de 10 anys, com per aquestes plaques, o de 12 anys en altres casos. La garantia de que donen la potència dins uns marges és de 25 anys per aquestes plaques. Així que per potència no tindríem problema (amb el temps disminuiria, però no gaire, com indica la gràfica de les garanties). El que sí que podria passar és que després dels 10 anys alguna placa s'espatlles. Tenir plaques no operatives disminuiria el pendent de la recta dels beneficis.

Concloc que lliurar tota l'energia a la xarxa, si no es paga el manteniment, podria ser rentable amb el temps, però no ho recomenaria..

5.2 Càlculs consumint tota l'energia

Acabem de fer els càlculs pel cas més desfavorable, que és lliurant tota l'energia a la xarxa enlloc de consumir-ne una part, si més no. Anem a realitzar els càlculs per les mateixes plaques i pel mateix inversor, però ara considerant que consumim tota l'energia que generen les nostres plaques. En la majoria de casos instal·lar plaques no es fa per intentar “estafar” a la companyia elèctrica (cosa pràcticament impossible), sinó per consumir menys energia durant el dia a dia. Per comptabilitzar això,

TÉRMINO DE FACTURACIÓN DE ENERGÍA ACTIVA DEL PVPC

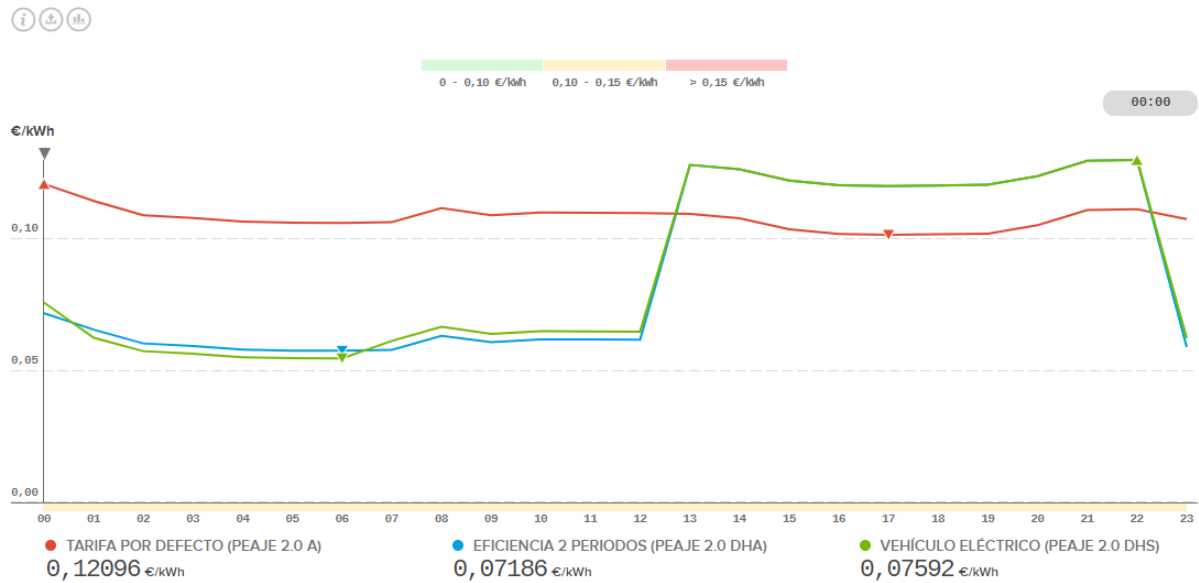


Figura 31: Preus del kWh del mercat regulat [18]

Considero que la vivenda té contractada una tarifa normal, del mercat regulat, en vermell. Podria estudiar la possibilitat de sol·licitar una tarifa amb discriminació horària, per la qual el preu del kWh és molt baix durant la nit però més car durant el dia. Amb aquesta tarifa el preu és bastant estable. Pels càlculs,

$$Preu = 0,12096 \text{ €/kWh}$$

Recordem que generàvem 4336 kWh en un any. Si consumim tota aquesta energia i no en lliurem gens a la xarxa,

$$4336 \text{ kWh/any} \cdot 0,12096 \text{ €/kWh} = 524,48 \text{ €/any}$$

Recordem el cost de la inversió inicial.

$$Cost_{instal \cdot lació}(t) = 4429,95 \text{ €} + 145 \text{ €/any}$$

$$Benefici_{consumir}(t) = 524,48 \text{ €/any}$$

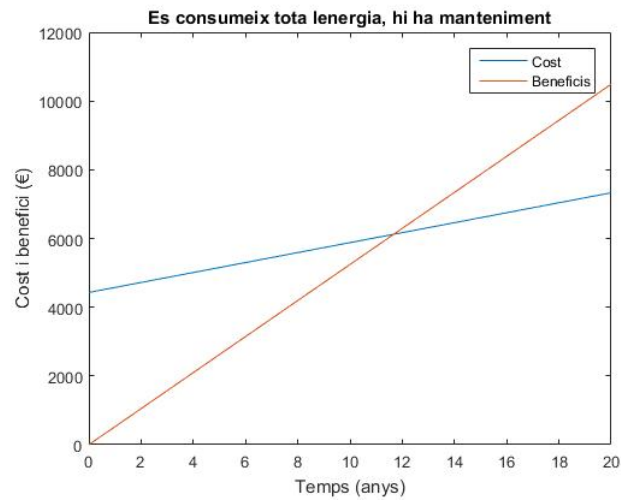


Figura 32: Cost i benefici al llarg del temps, es consumeix tota l'energia, hi ha manteniment

$$Temps amortització = 11,7 \text{ anys}$$

Encara que ens hagi de venir un tercer a fer el manteniment, si som capaços de consumir tota l'energia produïda per les nostres plaques, val la pena haver fet la instal·lació. Recordem que tenim una garantia total per les plaques de 10 anys, així que recuperariem la inversió al cap de poc d'estar fora la garantia. I si com en el cas anterior, evitem pagar el manteniment i suposem que se'l fa l'usuari mateix?

$$Cost instal·lació = 4429,95 \text{ €}$$

$$Benefici lliurar xarxa = 524,48 \text{ €/any}$$

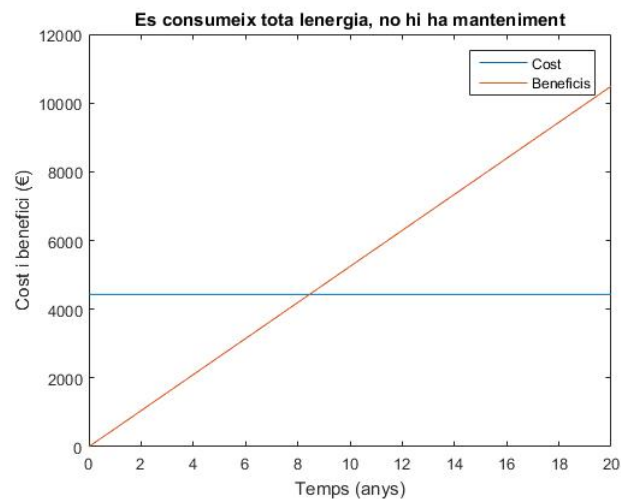


Figura 33: Cost i benefici al llarg del temps, es consumeix tota l'energia, no hi ha manteniment

$$Temps amortització = 8,4 \text{ anys}$$

5.3 Conclusions dels càlculs

D'acord, en els apartats anteriors estem considerant que es consumeix tot el que generen les plaques. A la realitat, per la vivenda de 5750 W, no serà així, però sí que és probable que els dies de Sol les plaques cobreixin pràcticament tota la demanda d'energia que té la vivenda durant el dia. Per dir amb més certesa si val la pena instal·lar plaques solars en una vivenda com la de l'enunciat caldria conèixer amb detall els consums. Llavors, podria donar un temps d'amortització concret, enlloc de donar els intervals que he calculat.

	Lliurament de tota l'energia a la xarxa	Es consumeix tota l'energia generada
Manteniment anual	<i>Temps amortització : 61,7 anys</i>	<i>Temps amortització : 11,7 anys</i>
NO es paga el manteniment	<i>Temps amortització : 20,4 anys</i>	<i>Temps amortització : 8,4 anys</i>

Taula 8: Temps d'amortització de la instal·lació

Si es decideix no pagar el manteniment, puc dir que l'interval en què es recuperarà la inversió és de $[8, 4, -20, 4]$ anys. Si es decideix pagar el manteniment, puc dir que l'interval en què es recuperarà la inversió és de $[11, 17, -61, 7]$ anys, i en aquest cas trobo que és molt difícil que es treguin beneficis de la inversió inicial. Si el consum de la vivenda durant el dia és suficient per consumir la gran majoria d'energia generada per les plaques, està clar que la inversió val la pena. Si s'han estudiat bé els consums de la vivenda i es col·loquen unes plaques d'acord amb aquests, a dia d'avui és rentable col·locar plaques solars fotovoltaïques. Si a més, l'usuari se sap fer el manteniment, no hi ha cap dubte que recuperarà la inversió ràpidament.

6 Bateriaes

Algunes de les precaucions que s'han de tenir en compte quan es tenen bateries són:

- Si la bateria és de plom-àcid, evitar el contacte de l'electròlit amb qualsevol part del cos, així com la seva inhalació.
- Si la bateria s'escalfa exageradament, desconnectar-la i tenir-la mínim 15 minuts en un lloc segur i sense que ningú s'hi acosti, ja que podria explotar.
- Monitoritzar el correcte funcionament de la bateria.
- No manipular la bateria amb objectes metàl·lics com braçalets o rellotges.
- Tenir la bateria en un emplaçament ben ventilat, sense risc d'explosió.
- Verificar que els borns estan ben apretats i que l'estructura de suport és segura.

Ara que tenim clar que pel nostre cas la millor opció són les plaques solars, un punt important a considerar és el de fer servir bateries. Amb el nou Decret d'Autoconsum, amb el qual ens paguen l'energia que lliurem a la xarxa a uns 0,05 €/kWh, pot semblar que no té sentit fer servir una bateria, però és així? Fem els números.

Un línia de bateries que segons he llegit és més barata que la Tesla Powerwall 2 és la línia LG ESS RESU Plus [21], que disposa de tres mòduls de diferents potències, les tres de 48V.

Models	Resu 3.3	Resu 6.5	Resu 10 [14]
Capacitat (kWh)	3,3	6,5	10
Capacitat utilitzable (kWh)	2,9	5,9	8,8
Capacitat (Ah)	63	126	189
Voltatge nominal (V)	51,8	51,8	51,8
Rang voltatge (V)	42,0 - 58,8	42,0 - 58,8	42,0 - 58,8
Dimensions (mm)	452 x 401 x 120	452 x 654 x 120	452 x 483 x 227
Pes (kg)	31	52	75
Grau IP	IP 55	IP 55	IP 55
Comunicació	CAN 2.0 B	CAN 2.0 B	CAN 2.0 B
Certificat de cel·la	UL 1642	UL 1642	UL 1642
Preu	2244,49 €	3734,81 €	5550,75 €
kWh útils / preu	0,001292 kWh/€	0,001579 kWh/€	0,001585 kWh/€

Taula 9: Models de bateria Resu

Les tres bateries estan certificades amb CE, RCM, TUV (IEC 62619), UL1973. Els inversors compatibles amb aquestes bateries són SMA, SolaX, Sungrow, Schneider, Ingeteam, GoodWe, Redback, Victron Energy, entre d'altres que es fan afegint.

Com veiem, hi ha una relació bastant lineal entre capacitat útil en kWh i el preu. S'ha de dir que el preu és relativament variable, depèn de la pàgina en què trobem les bateries així com de l'oferta que ens puguin fer.

Vaig a calcular la diferència entre lliurar tota l'energia a la xarxa (cas límit, a la realitat durant el dia una casa sempre consumeix energia) o consumir-la tota (cas límit també, no serà d'estranyar que tinguem excedents). Amb bateries podríem passar de lliurar tota l'energia a la xarxa, o bona part, a consumir-la tota nosaltres.

$$\text{Beneficis lliurant tota l'energia a la xarxa} = 216.8 \text{ €/any}$$

$$\text{Beneficis consumint tota l'energia} = 524.48 \text{ €/any}$$

En el cas més favorable

$$\text{Beneficis utilitzar bateria} : 524.48 \text{ €/any} - 216.8 \text{ €/any} = 307 \text{ €/any}$$

La pregunta que ens hem de fer és de quina capacitat ha de ser la bateria. En el mes en que generem més energia, cada dia es genera una mitjana de 14.3 kWh . Si volem ser capaços de guardar aquesta energia cada dia, cal una Resu 10, i una Resu 6.5. En total 9285.56€. Per amortitzar això,

$$9285.56 \text{ €} \cdot (1 \text{ any}) / (307 \text{ €}) = 30.25 \text{ anys}$$

Està clar que no caldria tanta capacitat de bateria, ja que durant el dia aniríem consumint energia, però al mateix temps llavors no tindríem la diferència de 307 €/any pel fet d'utilitzar bateries.

Estic segur que aquestes bateries no arribarien en condicions als 30 anys. A més, a la persona inversora, recuperar la inversió inicial en 30 anys no crec que li faci gràcia.

Com ja he llegit per Internet, fer servir bateries no és una opció recomanable en la majoria d'instal·lacions que estan connectades a la xarxa elèctrica. Per instal·lacions aïllades sí que seria una necessitat. Això, o en cas que vulguem mantenir un servidor o alguna aplicació per l'estil i volem evitar a tota costa que si falla el servei elèctric perdem dades o el servidor deixi de funcionar. En aquest cas es podria optar per un SAI o similar, els quals tenen una bateria interna.

7 Cotxe elèctric i carregadors

La normativa dels vehicles elèctrics està recollida a la ITC-BT-52. Per vivendes unifamiliars, tenim dos esquemes possibles:

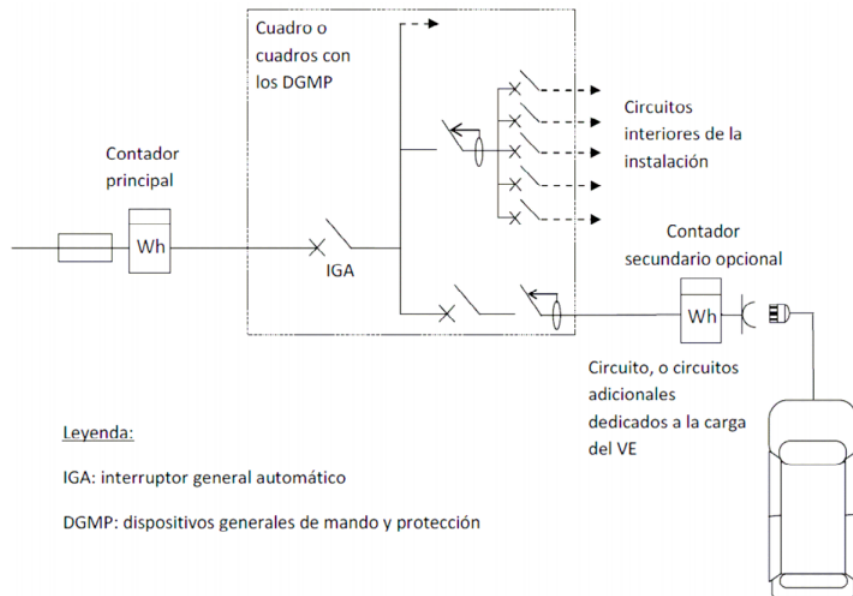


Figura 11. Esquema 4a: instalación con circuito adicional individual para la recarga del VEHÍCULO ELÉCTRICO en viviendas unifamiliares.

Figura 34: Esquema 4a de la instal·lació del vehicle elèctric, ITC-BT-52

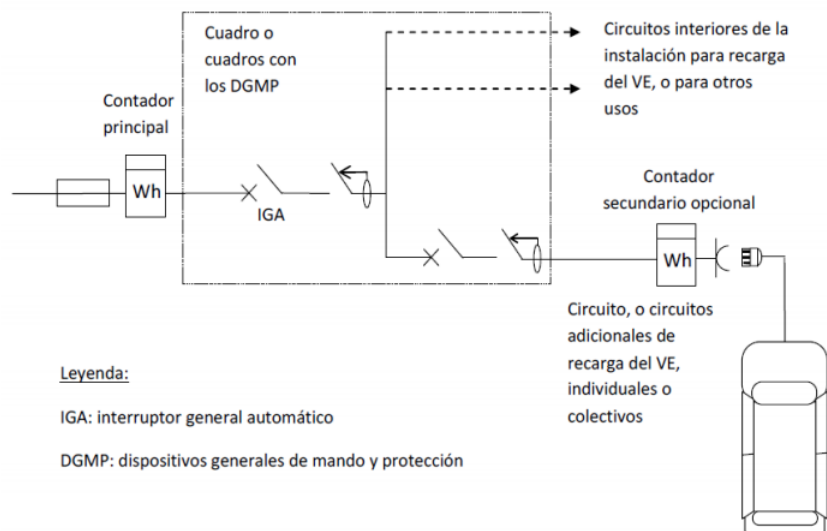


Figura 12. Esquema 4b: instalación con circuito o circuitos adicionales para la recarga del VEHÍCULO ELÉCTRICO.

Figura 35: Esquema 4b de la instal·lació del vehicle elèctric, ITC-BT-52

Com s'observa, la diferència principal rau en el fet de que en el segon esquema s'utilitza un diferencial aigües amunt, després de l'IGA, mentre que en el primer cas hi ha un diferencial per

la instal·lació interior de la vivenda i un altre per la instal·lació del vehicle elèctric.

Cito el reglament:

“Cualquiera que sea el esquema utilizado, la protección de las instalaciones de los equipos eléctricos debe asegurarse mediante dispositivos de protección diferencial. Cada punto de conexión deberá protegerse individualmente mediante un dispositivo de protección diferencial de corriente diferencial-residual asignada máxima de 30 mA, que podrá formar parte de la instalación fija o estar dentro del SAVE. Con objeto de garantizar la selectividad la protección diferencial instalada en el origen del circuito de recarga colectivo será selectiva o retardada con la instalada aguas abajo. Los dispositivos de protección diferencial serán de clase A.”

Queda clar que el diferencial serà tipus A de 30mA. Cal que sigui de tipus A perquè el cotxe té l'equip de potència corresponent per tal de transformar la senyal alterna de la xarxa en contínua, la qual carrega les bateries del cotxe. Si hi hagués algun problema d'aïllament en aquest equip de potència, un diferencial tipus AC potser no el veuria, necessitem ser capaços de poder detectar corrent rectificades, el que seria la funció sinus en valor absolut.

De l'esquema també veiem que instal·lar un comptador secundari és opcional. Aquí penso que el millor seria fer servir únicament el comptador principal per tal d'abaratir costos. Instal·lar un segon comptador suposa fer un segon contracte amb l'empresa subministradora, o sigui, una segona factura. Els costos fixes com la potència contractada i altres taxes les haurem de pagar per doble, així que no ho recomano.

Pel que fa al magnetotèrmic que s'indica a la figura, aquest preveig que serà de 16A per tal de protegir la base Shucko, de la qual parlo a continuació. Podria optar per posar-ne un de més amperatge, però crec que és important protegir la base de sobrecàrregues. El cotxe pot estar endollat tota la nit perfectament, i si el corrent és lleugerament superior a 16A durant hores hi ha cert risc de malmetre la base.

Les bases de les tomes de corrent dels cotxes elèctrics poden ser [15]:

- Bases amb connector Schuko:



Figura 36: Connector vehicle elèctric - Connector Shucko



Figura 37: Base d'endolls Shucko



Figura 38: Connector a endoll de tipus Schuko

És la típica base que s'instal·la en els circuits C2 de les vivendes. Està dissenyada per poder donar de forma indefinida un corrent de fins a 16A, així que caldria protegir-la amb un magnetotèrmic de 16A.

- Bases amb connector Mennekes (tipus 2):



Figura 39: Connector Mennekes

Connector amb 7 borns i amb la opció de càrrega lenta a 16A o càrrega ràpida a 63A. De procedència alemanya, estès a Europa. El connector dels cotxes és quasi sempre d'aquest tipus. La toma de corrent que tinguem instal·lada a casa pot ser d'aquest tipus.

La millor opció seria deixar la potència contractada de la vivenda que és de 5750 W tal com està, i optar per col·locar la base Schuko de 16A, la qual pot donar fins a 3680 W. Aprofitaríem per carregar el cotxe a la nit, quan l'energia elèctrica és més barata (amb una mica de sort 0,07 € el kWh). A més, durant la nit els consums de la majoria de vivendes són mínims, normalment va la nevera, el congelador, i poc més.

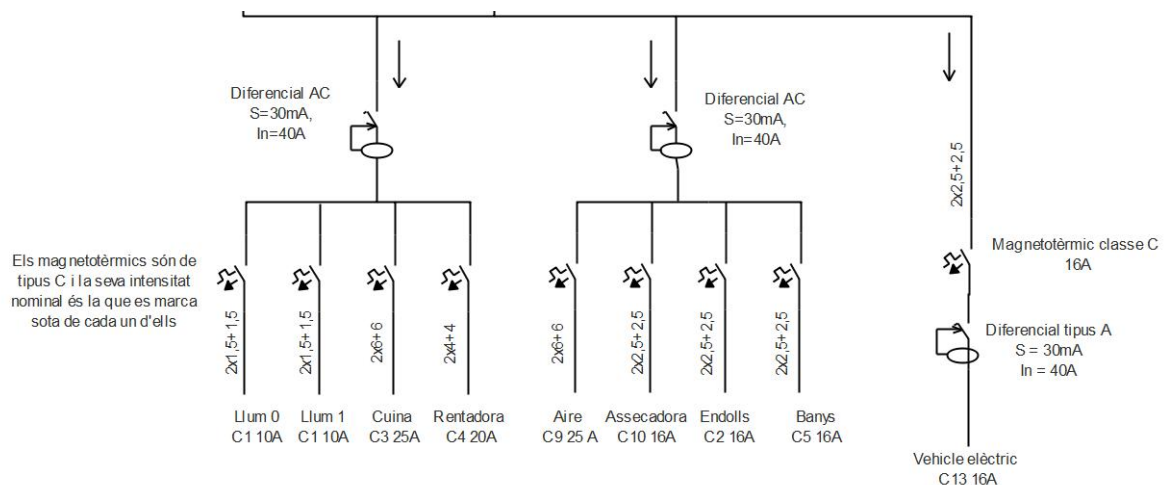


Figura 40: Instal·lació dels receptors de la vivenda i vehicle elèctric

L'esquema unifilar de la instal·lació podria ser aquest. Noteu com el circuit del vehicle elèctric penja directament de la protecció contra sobretensions. Aquest circuit consisteix en un magnetotèrmic classe C de 16A per tal de protegir la base Schuko i d'un diferencial tipus A de sensibilitat 30mA tal com marca el reglament i intensitat nominal 40A.



Figura 41: Interruptor diferencial

$$\text{Cost diferencial} = 51,56 \text{ €}$$



MAGNETOTERMICO C60N PIA 2P 16A CURVA C ref. A9F79216

Más en Magnetotérmicos IC60N



2P 16A Curva C | CadenzaElectric.com es la tienda de material eléctrico ideal donde comprar este magnetotermico 2P 16A Curva C ref. A9F79216 a un precio de 15,5€ del fabricante de material eléctrico Schneider Electric.

Ver más

65,37€ **15,50€** IVA incluido

-76% Ahorra 49,87€

Curva C

Curva de disparo

Intensidad Nominal (A)

16A

Figura 42: Interruptor magnetotèrmic

Després caldria sumar el cost de la mà d'obra. Haver de passar cables cap al garatge d'una casa i col·locar dos interruptors crec que és una feina que es pot fer en una hora, màxim dues. A això cal sumar-li el preu del material, o sigui, del cable de coure. Estimo que la instal·lació pot valer uns 200€.

$Cost\ instal·lació\ vehicle\ elèctric = Cost\ magnetotèrmic + Cost\ diferencial + Cost\ instal·lació$

$Cost\ instal·lació\ vehicle\ elèctric = 15,50\ € + 51,56\ € + 200\ € = 267,06\ €$

8 Conclusions: solució adoptada

A mode de resum, exposo els resultats del treball.

S'opta per col·locar 9 plaques solars. El model de les plaques i la seva instal·lació seria el següent.






 GCL SOLAR	
MODEL TYPE: GCL-P6/72H330	
Electrical Rating	
Maximum Power(Pmax)	330W(0~+5W)
Maximum Power Voltage(Vmp)	37.80V
Maximum Power Current(Imp)	8.73A
Open circuit Voltage(Voc)	46.20V
Short Circuit Current(Isc)	9.33A
Maximum Rectified Current	10A
Maximum Series Fuse	15A
Maximum Temperature	85°C
Maximum System Voltage	1500VDC
Tested at STC:1000W/m ² ;AM1.5;Cell temperature 25°C	
  GCL System Integration Technology Co., Ltd. Jianghai Economic Zone,Nanqiao Town, Fengxian District Shanghai Tel:0512-6983 2860 Fax:0512-6983 2777 Email:gclsicys@gclsi.com http:www.gclsi.com	
  I	

Figura 43: Característiques del panell solar

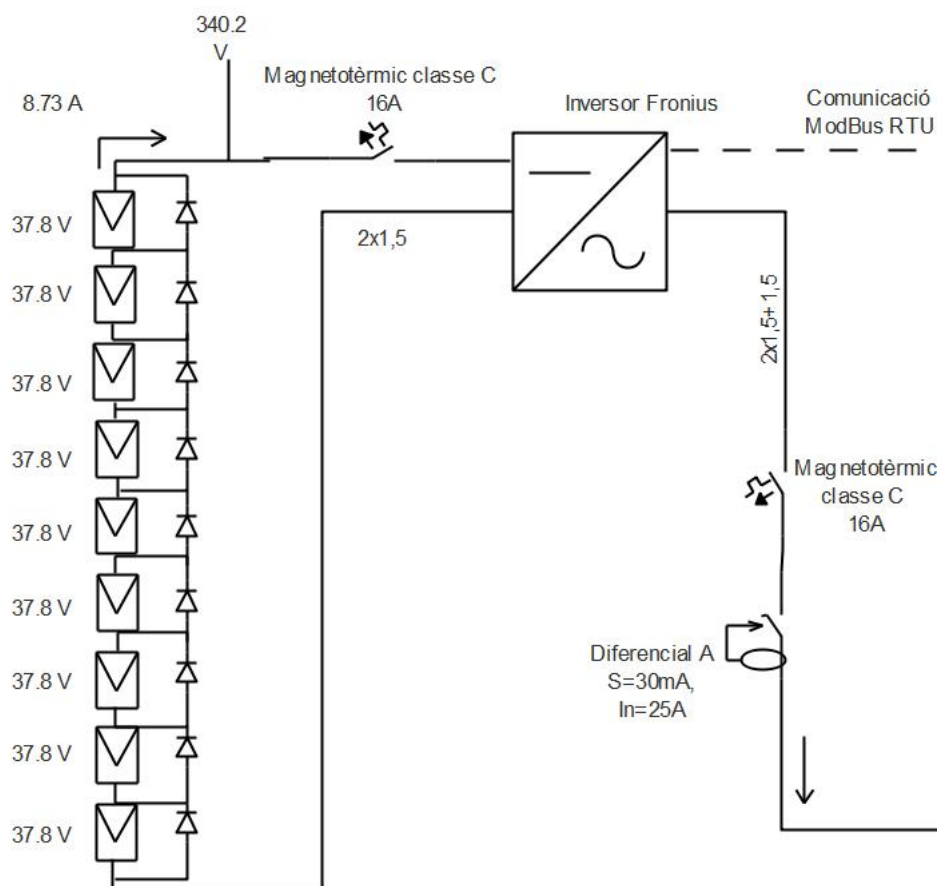


Figura 44: Connexionat de les plaques solars i l'inversor

L'inversor seria un Fronius Primo 3.0kW. També s'instal·laria un SmartMeter de la casa Fronius bidireccional. La instal·lació completa és:

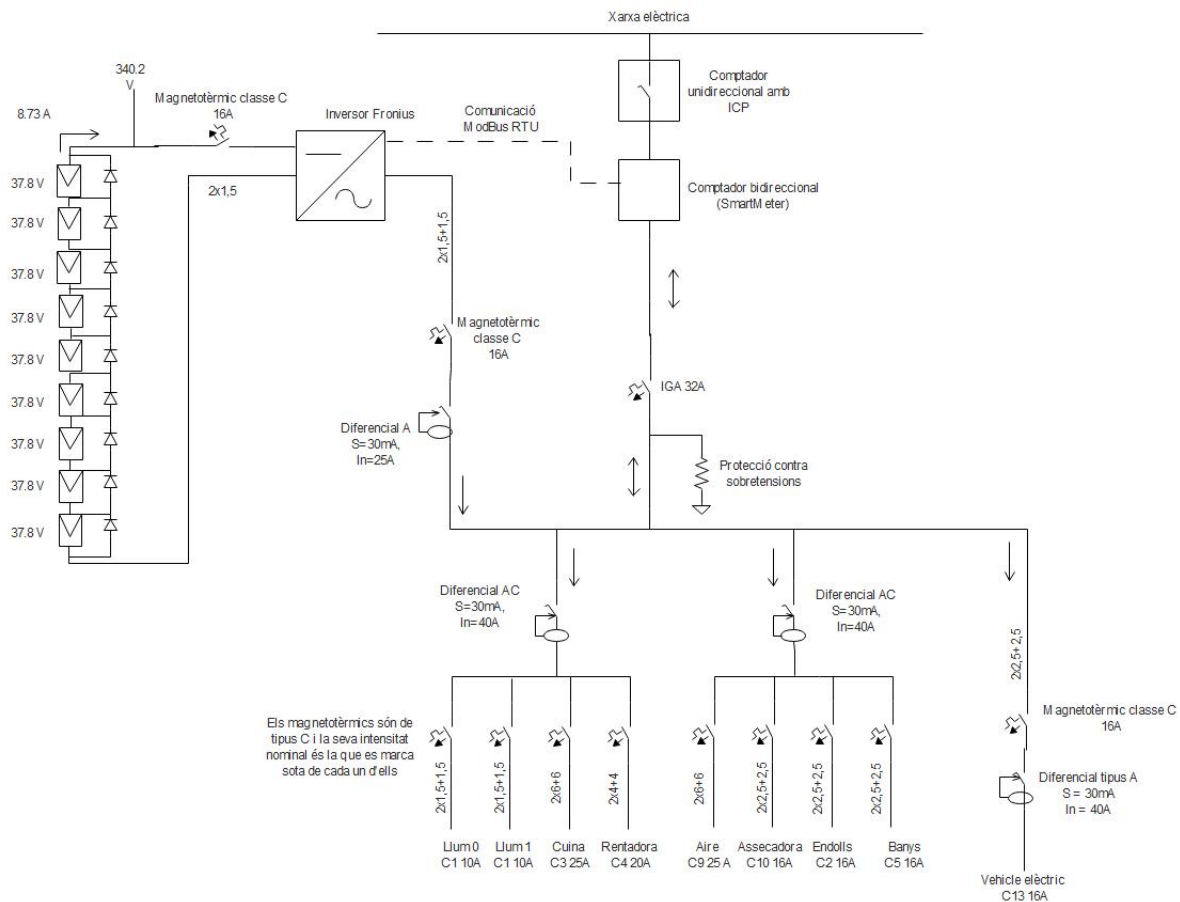


Figura 45: Instal·lació de la vivenda, plaques solars i el vehicle elèctric

Després d'utilitzar eines que indiquen amb precisió quanta energia generarien les plaques al cap de l'any, sóc capaç de donar uns intervals d'amortització en funció de si hi ha manteniment o no i de si es consumeix tota l'energia o es lliurar tota a la xarxa:

	Lliurament de tota l'energia a la xarxa	Es consumeix tota l'energia generada
Manteniment anual	<i>Temps amortització : 61,7 anys</i>	<i>Temps amortització : 11,7 anys</i>
NO es paga el manteniment	<i>Temps amortització : 20,4 anys</i>	<i>Temps amortització : 8,4 anys</i>

Taula 10: Temps d'amortització de la inversió inicial

El cost de les plaques, inversor, SmartMeter, instal·lació, suports i manteniment:

$$Cost_{instal·lació plaques} = Cost_{plaques} + Cost_{inversor} + Cost_{smart meter} + Cost_{suports} + Cost_{instal·lació} + Cost_{manteniment}$$

$$Cost_{instal·lació plaques} = 1701 \text{ €} + 1109 \text{ €} + 114,95 \text{ €} + 405 \text{ €} + 1100 \text{ €} + 145 \text{ €/any} = 4429,95 \text{ €} + 145 \text{ €/any}$$

S'opta per base Schuko de 16A i el cost dels interruptors i la instal·lació pel vehicle elèctric seria:

$$Cost\ instal·lació\ vehicle\ elèctric = Cost\ magnetotèrmic + Cost\ diferencial + Cost\ instal·lació$$

$$Cost\ instal·lació\ vehicle\ elèctric = 15,50\ € + 51,56\ € + 200\ € = 267.06\ €$$

Finalment, el pressupost de la instal·lació de plaques solars i la instal·lació pel vehicle elèctric és el següent:

Concepte	Cost
9 plaques solars, 3kW en total	1701 €
Inversor Fronious 3kW	1109 €
Smart meter	114,95 €
Suports per les plaques	405 €
Instal·lació	1100 €
Manteniment	145 €/any
Cost magnetotèrmic	15,50 €
Cost diferencial	51,56 €
Cost instal·lació	200 €
Total	4697,01 € + 145 €/any

Taula 11: Pressupost final

Referències

- [1] <https://www.solarweb.net/forosolar/minieolica/28053-aerogenerador-placas-fv.html>
- [2] <https://blog.somenergia.coop/tarifas-electricidad-y-sector-electrico/2019/05/el-nuevo-real-decreto-sobre-la-autoproduccion-y-como-nos-afecta/>
- [3] <https://www.crisisenergetica.org/forum/viewtopic.php?forum=4&showtopic=401>
- [4] <https://www.diaridegirona.cat/multimedia/videos/comarques/lalt-emporda/2019-05-21-175225-ordis-lidera-2010-cami-lautosuficiencia-energetica.html>
- [5] <https://www.cambioenergetico.com/aerogeneradores/1862-aerogenerador-bornay-6000-w-12-24-o-48-v.html>
- [6] <https://www.energynews.es/los-10-paneles-solares-mas-eficientes/>
- [7] <https://www.youtube.com/watch?v=vGyhQVngSbc>
- [8] <http://www.revosolar.com/tienda-online-solar/es/15-paneles-fotovoltaicos>
- [9] http://www.leroymerlin.es/dms/leroyMerlinKit/pdfs/electricidad/energias__renovables/82165089-0170q-es.pdf
- [10] <https://panelessolaresfotovoltaicos.org/paneles-solares-para-casas/tamano-del-panel-solar-para-colocar-en-el-techo/>
- [11] <https://sotysolar.es/placas-solares/monocristalinas-policristalinas>
- [12] https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas__radiacion__solar/atlas
- [13] <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/2019/1/PFC-P%2038%3B%2039.pdf>
- [14] <http://www.revosolar.com/tienda-online-solar/es/li-ion/731-bateria-lg-chem-resu-10.html>
- [15] <https://endesavehiculoelectrico.com/con-que-enchufas-tu-coche-tipos-de-conectores/>
- [16] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>
- [17] <http://www.revosolar.com/tienda-online-solar/es/inversores-aisladas/32-inversor-victron-phoenix-1200-watt-compact.html>
- [18] <https://tarifaluzhora.es/?tarifa=discriminacion&fecha=2019-06-11>
- [19] <https://www.fronius.com/es-es/spain/energia-solar/productos/sector-dom%C3%A9stico/monitorizaci%C3%B3n-de-instalaciones/hardware/fronius-smart-meter/fronius-smart-meter-63a-1>
- [20] <https://www.collectiu-solar.cat/pdf/PDFMeter-FRONIUS-SMART-METER-ES-2.pdf>
- [21] <https://lamejorenergia.com/lg-chem-resu-analisis-bateria/>