

**Oriol Guarch Fontanals**

**Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament  
independents amb la inclusió de tecnologies renovables  
i V2H**

**Treball Fi de Màster  
dirigit pel Dr. Giral Castellón, Roberto**

**Màster en Tecnologies del Vehicle Elèctric**



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

**Tarragona  
2022-2023**



# Índex

1	Introducció.....	1
2	Memòria .....	6
2.1	Presentació de la comunitat d'habitatges.....	6
2.2	Estudi de les necessitats energètiques de la comunitat .....	8
2.2.1	Estudi d'un habitatge unifamiliar particular.....	8
2.2.2	Estudi de les necessitats de tota la comunitat.....	10
2.3	Energia renovable fotovoltaica.....	13
2.3.1	Selecció de la tecnologia fotovoltaica .....	13
2.3.2	Estudi de la irradiació solar en la comunitat.....	18
2.3.3	Estudi de la situació de la comunitat envers la generació fotovoltaica .....	24
2.3.4	Presentació teulada hàbil per a cada habitatge .....	26
2.3.5	Inclinació teulades .....	28
2.4	Energia renovable eòlica .....	28
2.4.1	Estudi vent zona costera Garraf .....	28
2.4.2	Selecció de la tecnologia eòlica .....	33
2.4.3	Problemàtiques del molí de vent amb l'entorn .....	34
2.4.3.1	Soroll .....	34
2.4.3.2	Vent fort.....	35
2.4.3.3	"Mismatching" pels panells solars.....	35
2.5	Introducció al V2H aplicat a la comunitat.....	36
2.5.1	Llistat de vehicles disponibles .....	38
2.5.2	Llistat de carregadors disponibles.....	39
2.6	Configuració energètica de la comunitat.....	41
2.6.1	Càlcul número de plaques solars .....	42
2.6.2	Selecció del inversor .....	43
2.6.3	Disseny amb l'inversor.....	47
2.6.4	Aplicació de la normativa en la comunitat .....	49
2.6.5	Selecció de l'aerogenerador .....	51
2.6.6	Càlcul generació eòlica .....	52
2.6.7	Selecció de la bateria .....	53
2.6.8	Selecció del carregador V2H .....	59
2.6.9	Connexions vehicle elèctric .....	61
2.6.10	Connexions en l'embarrat de distribució.....	64
2.6.11	Interconnexions d'emergència .....	65

2.6.12	Presentació final del disseny .....	67
2.7	Presentació del sistema "HEMS" .....	68
2.7.1	La tecnologia KNX en la nostra comunitat .....	69
2.7.2	Equipaments KNX utilitzats en la comunitat d'habitatges .....	70
2.7.3	Disseny final "HEMS" comunitat d'habitatges.....	73
2.8	Estudi de viabilitat energètica en la comunitat .....	75
2.8.1	Consum dels diferents blocs de la comunitat .....	75
2.8.2	Anàlisi viabilitat de la comunitat en el mes de desembre .....	80
2.8.2.1	Anàlisi tenint en compte valors mitjos en desembre .....	80
2.8.2.2	Anàlisi tenint en compte els valors mínims en desembre.....	87
2.8.3	Anàlisi viabilitat de la comunitat en el mes de juny .....	91
2.9	Estudi de la viabilitat econòmica de la comunitat.....	97
3	Conclusions .....	99
4	Referències .....	101
5	ANNEX 1 – Detall del consum individual de cada habitatge de la comunitat .....	102
6	ANNEX 2 – Millores de les eficiències energètiques per a la comunitat.....	111

## 1 Introducció

Actualment, l'energia elèctrica ha esdevingut un recurs fonamental per al funcionament de les nostres activitats quotidianes, i la dependència de la xarxa elèctrica ha augmentat en gran mesura. Tot i això, la generació d'energia elèctrica mitjançant fonts no renovables genera emissions de gasos d'efecte hivernacle que contribueixen al canvi climàtic i esgoten els recursos naturals finits. Per això, la cerca d'alternatives sostenibles i energèticament independents s'ha convertit en una necessitat per assolir una transició energètica cap a un sistema més verd.

En aquest context, aquest projecte s'enfoca en el disseny i el desenvolupament d'un conjunt d'habitatges energèticament independents de la xarxa elèctrica convencional, que puguin ser autònoms i sostenibles en termes de consum energètic i generació d'energia renovable. La finalitat és demostrar que, mitjançant la integració de tecnologies avançades i solucions innovadores com és el vehicle elèctric i la tecnologia de V2H (vehicle to home), que es basa en la capacitat del cotxe en proveir energia cap al habitatge, la possibilitat de construir una comunitat d'habitatges capaços de satisfer les necessitats energètiques i minimitzar-ne l'impacte ambiental.

Per això, s'ha considerat l'ús de fonts d'energia renovable, com l'energia solar, eòlica, hidroelèctrica, entre d'altres, i l'emmagatzematge en bateries o sistemes d'emmagatzematge tèrmic. A més, s'ha contemplat la implementació d'un sistema de gestió d'energia, que permeti controlar i monitoritzar el consum energètic al habitatge.

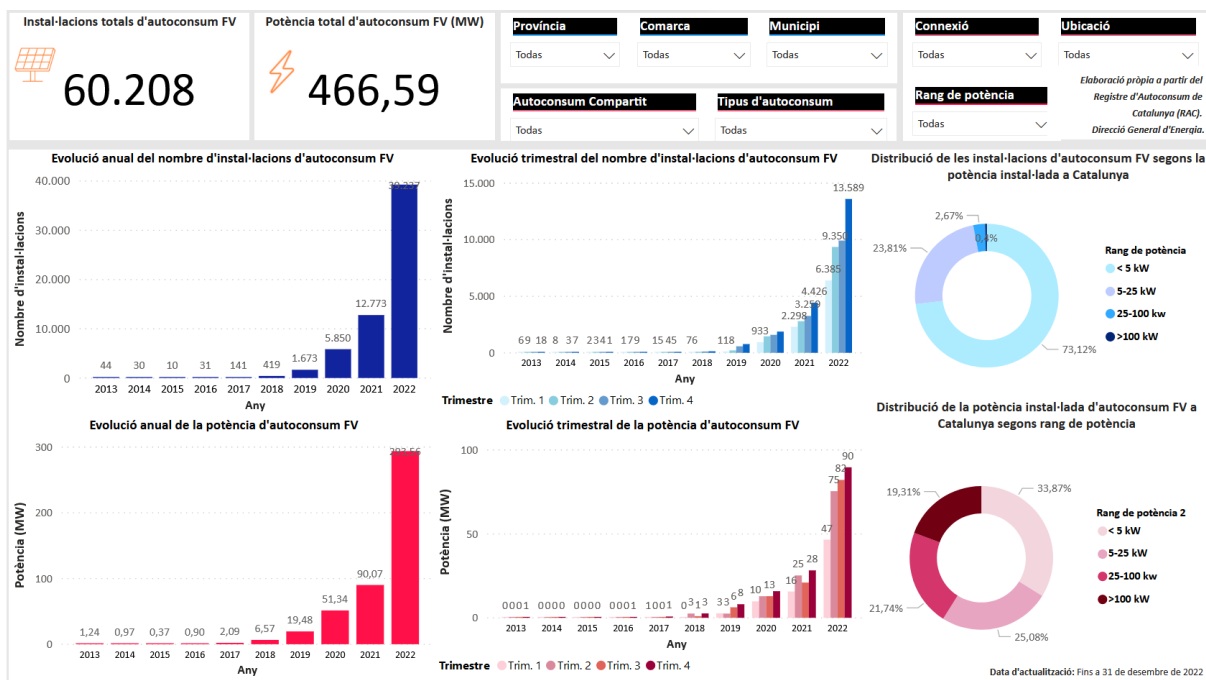
El primer pas per al disseny d'un habitatge energèticament independent de la xarxa és conèixer l'estat de l'art de les tecnologies i els sistemes disponibles al mercat. En aquest sentit, s'ha fet una revisió detallada del mercat i de les últimes tendències en aquest àmbit.

S'ha analitzat l'evolució de les tecnologies renovables en els darrers anys, així com els seus avantatges i inconvenients. En particular, s'han estudiat en profunditat la tecnologia fotovoltaica i l'eòlica, que són les més utilitzades per generar energia renovable en habitatges. També s'ha analitzat l'ús de tecnologies d'emmagatzematge d'energia, com ara bateries de liti i reciclades de vehicles elèctrics, així com els sistemes de gestió d'energia, com ara la monitorització del consum i l'automatització dels electrodomèstics.

Gracies a les nombroses dades recollides per fonts estatals i autonòmiques podem veure una clara evolució exponencial en la instal·lació de energia renovable i en conseqüència la potència total d'aquest autoconsum.

ICAEN (Institut Català d'Energia), Gencat (Generalitat de Catalunya), Aemet (Agència Estatal de Meteorologia) i IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) seran les nostres fonts d'informació de dades de generació d'energia renovable.

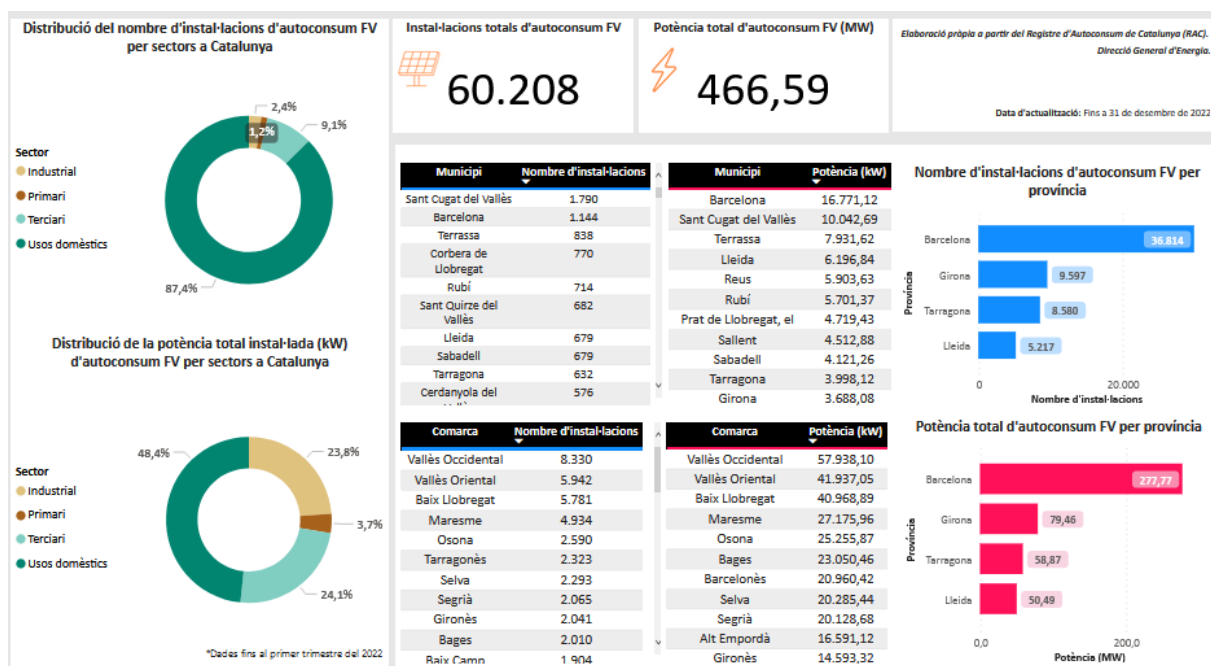
# Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H



Il·lustració 1. Evolució autoconsum fins 2022 a Catalunya – Font: ICAEN [1]

En la primera il·lustració podem veure el que hem comentat, una evolució exponencial de la quantitat de instal·lacions d'autoconsum que s'han fet els darrers anys. Podem parlar del desert que tenim fins el 2018 amb la regulació poc favorable o més bé inexistent del govern en aquest anys.

Des de llavors, passem de 419 instal·lacions el 2018 a 1673 al 2019 i a la important xifra de 5850 el 2020 i la tendència es que segueixi amb aquest increment per molts més anys.



Il·lustració 2. Distribució autoconsum fins 2022 a Catalunya – Font: ICAEN [1]

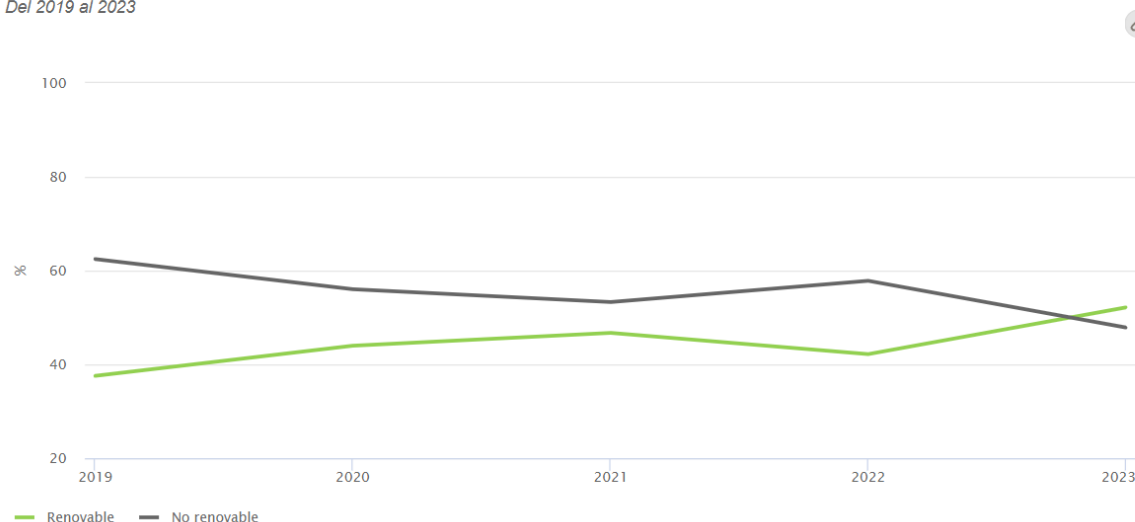
Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

A més a més, segons les dades del observatori d'autoconsum de Catalunya, és el sector domèstic el que acumula el major numero d'instal·lacions d'autoconsum. D'aquesta forma podem tornar a remarcar la importància del nostre projecte de crear una comunitat d'habitatges energèticament independents i el gran interès que el consumidor pot tenir en fer-ho.

Les instal·lacions domèstiques registren en l'actualitat un 73,1 % de les potències instal·lades igual o inferiors a 5 kW de potència. En l'altre extrem, les instal·lacions domèstiques que superen els 100 kW de potència només representen un 0,4 % del total. Per lo que demostra la importància del sector domèstic que estem estudiant.

#### EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN RENOVABLE Y NO RENOVABLE (%) | SISTEMA ELÉCTRICO: Nacional

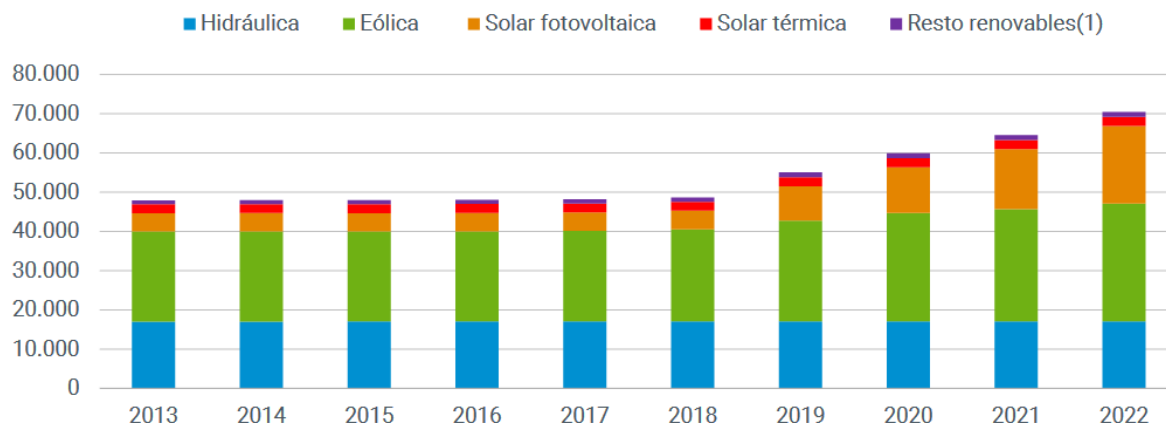
Del 2019 al 2023



Il·lustració 3. Evolució espanyola de la generació renovable. Font: REE [2]

En la mateixa línia podem parlar a nivell estatal amb les dades que tenim de la xarxa elèctrica espanyola. Podem apreciar un augment significatiu en la generació de renovables, on l'increment percentual més important es produeix en la generació fotovoltaica.

### Evolución de la potencia instalada renovable (MW)



(1) Incluye biogás, biomasa, geotérmica, hidráulica marina, hidroeólica y residuos renovables.

Il·lustració 4. Evolució espanyola de la generació renovable detallada. Font: REE [2]

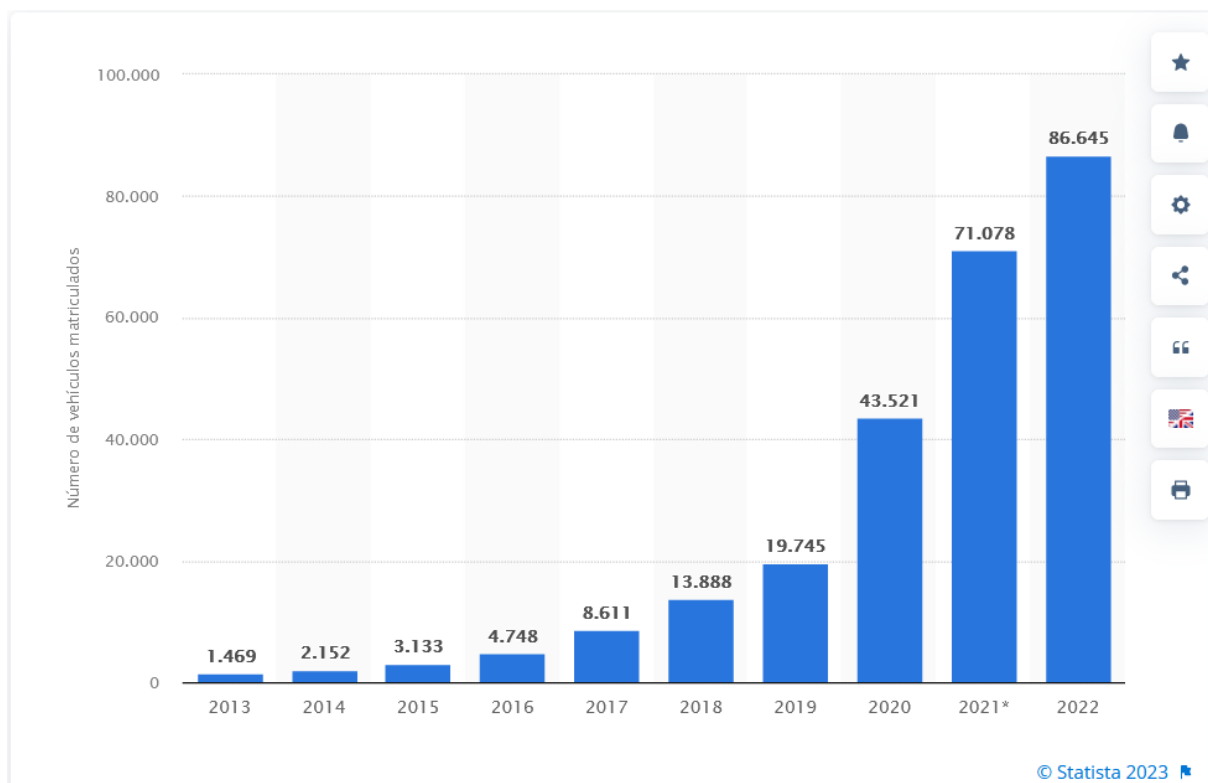
A major nivell de detall, tenim la figura 4 on podem apreciar a nivell estatal el gran augment de potència instal·lada en generació fotovoltaica i com la resta de renovables no tenen gaire més impacte. La més destacable seria l'eòlica, amb un petit augment però tant la hidràulica com la resta podríem dir que s'han estancat o inclús disminuït.

Entrant més a nivell legal, s'han estudiat la normativa i els estàndards que regeixen la instal·lació i el funcionament de sistemes de generació d'energia renovable a habitatges. S'han avaluat la normativa nacional, així com les recomanacions d'organismes internacionals com l'Agència Internacional d'Energia.

Per acabar, el projecte es consolida en el estat de l'art en les tecnologies disponibles actuals, fent una revisió bibliogràfica i documental per trobar les més adequades. Inclouent l'emmagatzematge, la gestió d'energia per la comunitat d'habitatges energèticament independents i la inclusió de la innovadora tecnologia V2H per poder extreure les conclusions més adequades dels objectius d'aquests projecte.

Sense oblidar-nos de destacar la importància del vehicle elèctric en el futur de la nostra societat, almenys el futur immediat, ja que la tecnologia evoluciona molt de pressa, podem destacar la mateixa evolució, recent, del vehicle elèctric, tenint una tendència alcista molt important.

Està clar doncs, que la unió de totes les tecnologies emergents, i l'estudi que es presenta en aquest treball, serà de gran interès per a futures implementacions i noves vies de desenvolupament.



Il·lustració 5. Evolució vendes vehicle elèctric i PHEV. Font: Statista [4]

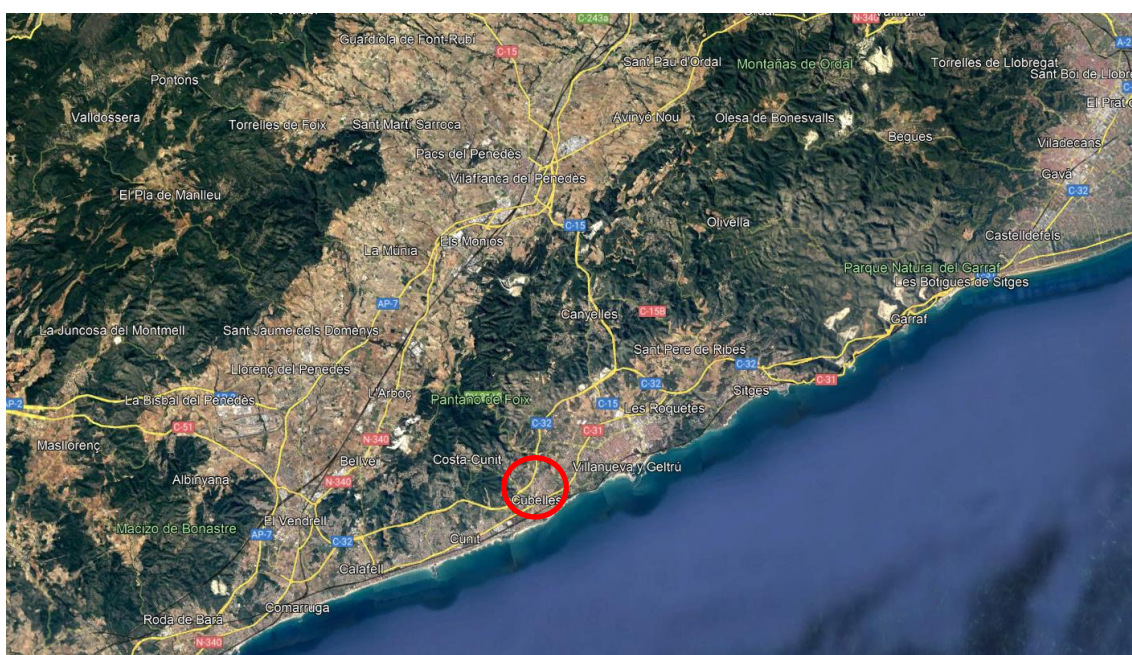
En resum, aquest projecte final de màster representa un esforç per contribuir a la cerca d'alternatives sostenibles per a la generació i el consum d'energia als habitatges, per la gestió i implementació de la tecnologia V2H en un entorn diferent com una comunitat independent i s'espera que els resultats obtinguts puguin ser útils per a futures investigacions i per a la implementació de solucions energètiques i renovables a la societat.

## 2 Memòria

### 2.1 Presentació de la comunitat d'habitatges

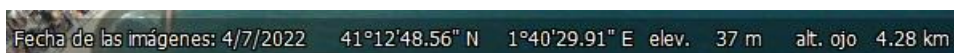
La nostra comunitat, en la que farem tots els estudis de viabilitat, generació renovable i aplicació de les normatives, està localitzada en la població de Cubelles, de la comarca del Garraf, en la província de Barcelona, Catalunya.

Exactament ens trobem en les coordenades geogràfiques 41.214° latitud Nord, 1.675° longitud EST. A una distància de 1,5 km de la costa en línia recta i a una altura de 40 m respecte a nivell del mar en la base mitjà de la comunitat d'habitatges.



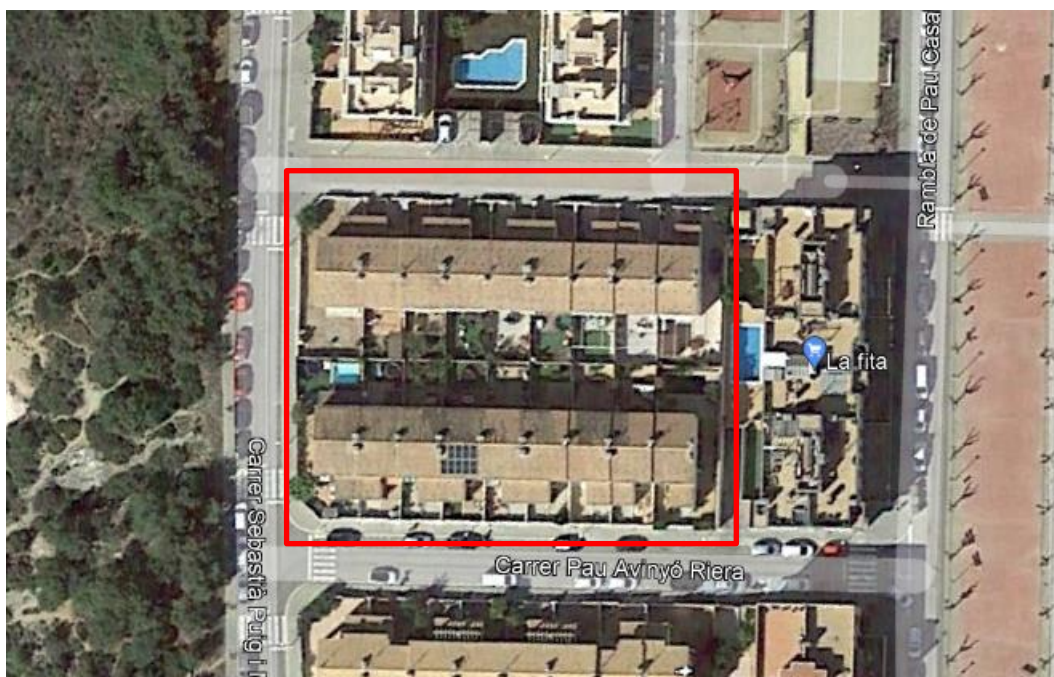
Il·lustració 6. Presentació comunitat d'habitatges. Font: Google Maps

La comunitat consta de 18 cases adossades agrupades en dos grups de 9 cases. Cada una es idèntica a l'altre amb l'única diferència que estan en efecte "mirall" una respecte l'altre.



Il·lustració 7. Imatge satèl·lit posició i altura. Font: Google Maps

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H



Il·lustració 8. Detall comunitat d'habitatges. Font: Google Maps

Gràcies a que totes són simètriques podrem fer una anàlisi idèntica per a cada una d'elles. Sempre tenint en compte que a cada habitatge hi ha una família diferent, amb diferents hàbits i diferents consums o demandes.

A continuació, podem veure nostra comunitat amb les dades obtingudes mitjançant la seu online del cadastre:



Il·lustració 9. Imatge cadastre. Font: Cadastre [3]

## 2.2 Estudi de les necessitats energètiques de la comunitat

### 2.2.1 Estudi d'un habitatge unifamiliar particular

Ara que ja tenim localitzat on està la nostra comunitat d'habitatges per tot lo que comportarà en el nostre estudi, ens centrarem de moment en l'estudi d'un sol habitatge unifamiliar.

Primerament podem veure el nostre quadre elèctric, amb el ICP (Interruptor de control de potència) amb la tapa extreta per poder-hi mesurar els corrents i tensions que tenim. De valor 25A, on podem concloure que la potència contractada és de 5.75 kW.

$$\text{Potència contractada} = V \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 25 \text{ A} = 5.75 \text{ kW}$$

A continuació el IGA (Interruptor General Automàtic) de 25 A també, que serà el corrent màxim que la instal·lació podrà suportar. L'interruptor diferencial per detectar fuges de corrent. I, per acabar, els diferents PIA (Petits Interruptors Automàtics) que controlaran l'electricitat per a diferents circuits.

Podem apreciar que el PCS (Protecció Contra Sobretensions) no hi es present a la instal·lació, ja que la instal·lació és dels anys 2001-2002 quan encara no era obligatòria. Més endavant, en el apartat de normatives, hi parlarem amb més detall.

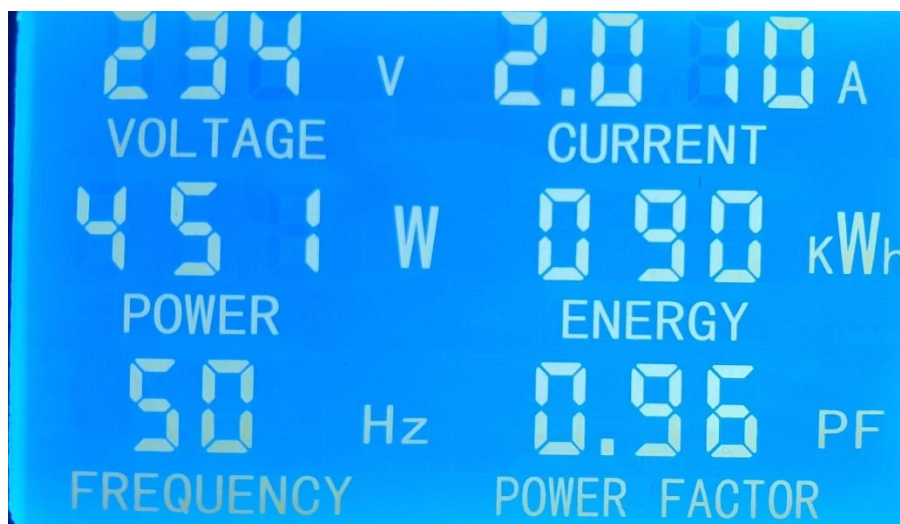


Il·lustració 10. Quadre elèctric habitatge unifamiliar de la comunitat

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

L'objectiu de tot aquest estudi és conèixer de forma real tots els consums dels diferents electrodomèstics, motors i aparells per poder fer una extrapolarció molt exacte a tota la comunitat de 18 habitatges.

En la il·lustració següent, podem veure que tenim instal·lat un sensor de corrent de tipus hall en la instal·lació abans mostrada. Amb aquest sensor podem extreure dades molt precises del voltatge i del corrent.



Il·lustració 11. Dades sensor hall habitatge

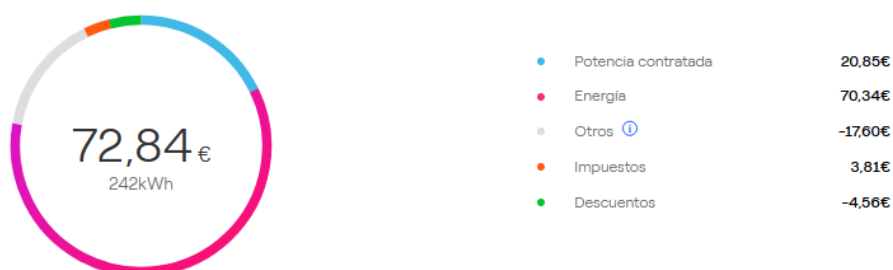
A continuació, es mostraran els resultats d'aquest habitatge en particular, entenent que els valors sempre podran variar depenent de l'eficiència energètica de cada un però d'eficiència en parlarem més endavant:

Electrodomèstic	Potència
Nevera	100 W
Microones	1100 W
Vitroceràmica	1500 W
Rentadora	150 W
Rentaplats	100 W
Forn	2500 W
Calefacció	100 W
Televisió	120 W
Llums	50 W
Piscina	550 W
Bomba d'aigua	700 W
A més a més podem dir que:	
Aire Condicionat	1500 W
Inducció	1000 W

Taula 1. Consums valors habitatge particular

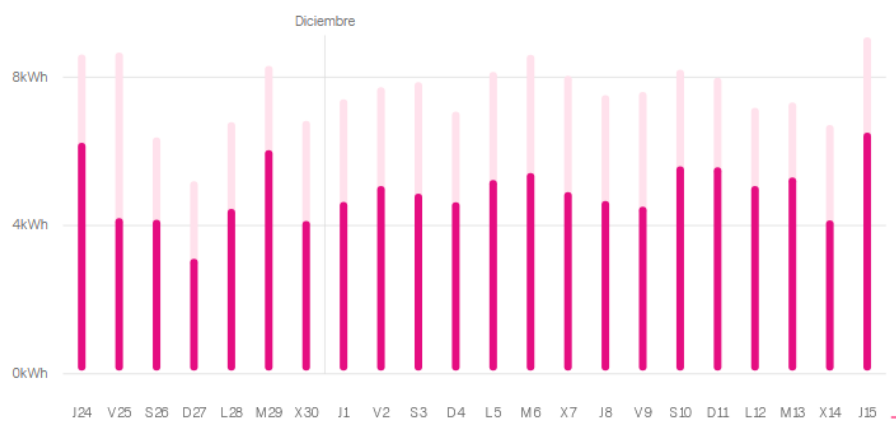
Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Gracies a tota la informació de la nostra distribuïdora podem veure els consums detallats per trams horaris i dies de la setmana. Amb aquesta informació podem treure els consums mitjos diaris i mensuals d'aquesta casa en particular:



#### Evolución de tu consumo

Colócate encima de cada día para ver los kWh consumidos. Haz click para ver el detalle de las horas de un día



Il·lustració 12. Consum Endesa clients. Font: Endesa [5]

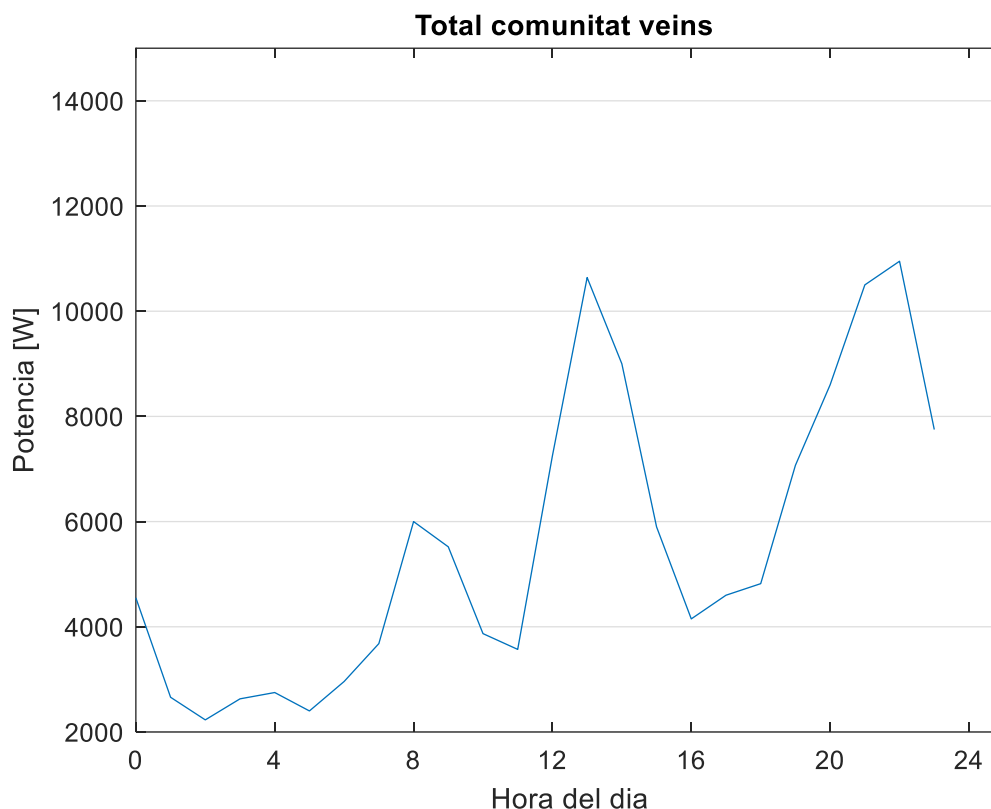
Els resultats que obtenim són:

- Consum diari mitjà de 7.35 kWh, equivalent a 220 kWh mensuals.
- No diferencia entre diària i cap de setmana.

## 2.2.2 Estudi de les necessitats de tota la comunitat

A continuació, passarem a analitzar el consum que està fent la comunitat sencera diàriament a valors mitjos.

Per poder arribar a aquesta conclusió s'ha tingut en compte totes les necessitats de cada habitatge individualment i s'ha fet un estudi particular de cada un per tal de obtenir el resultat més acurat possible. Tots els anàlisis individuals de cada habitatge particular estaran englobats en el ANNEX 1 – Detall del consum individual de cada habitatge de la comunitat.



Il·lustració 13. Detall potències total comunitat per hores diari

Com podem observar en l'anterior il·lustració, tenim la potència mitjana de tota la comunitat per trams horaris. Tenim dos trams horaris amb potències importants que són entre la 1 h i les 2 h, i entre les 9 h i les 10 h. Un tram menys important a primera hora del matí, de 8 h a 9 h, i una vall entre les 12 h i les 7 h.

S'ha de recalcar que això són només valors mitjans que utilitzarem per fer els nostres càlculs, les situacions més crítiques també seran analitzades i es tindran en compte a l'hora de gestionar tot el sistema dels habitatges.

A continuació, podem veure les potències amb més detall:

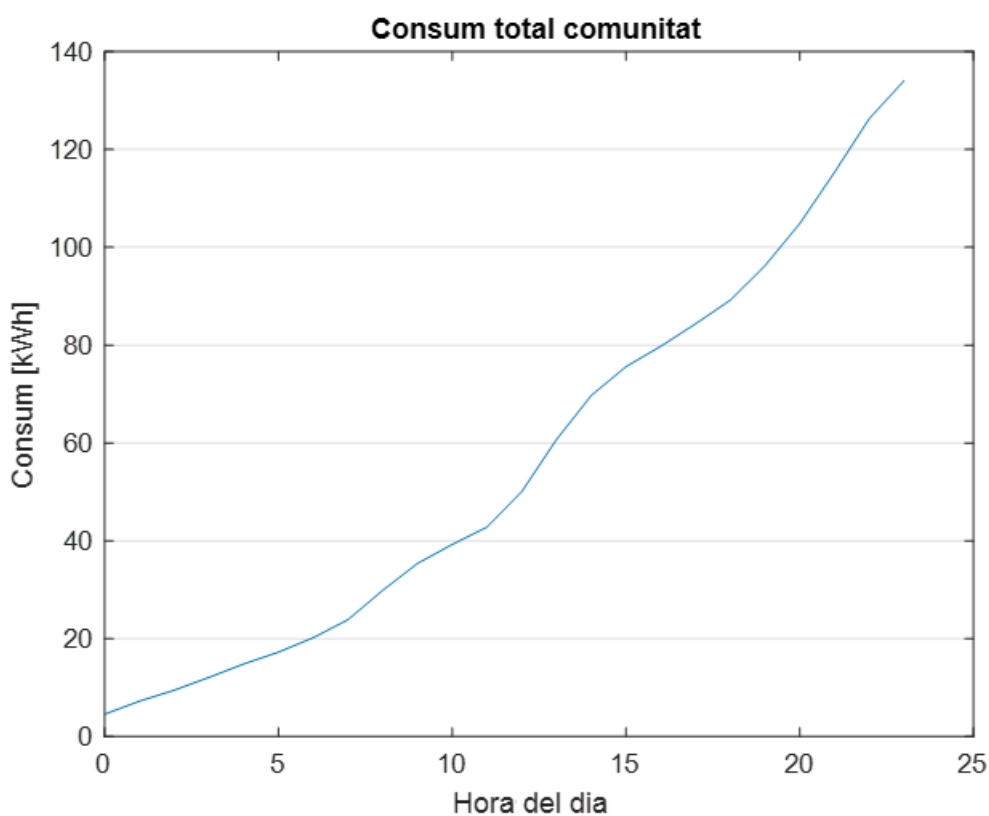
Hores del dia	Potència [kW]
0	4.55
1	2.66
2	2.23
3	2.63
4	2.75
5	2.40
6	2.96
7	3.68
8	6.00
9	5.52
10	3.87
11	3.57
12	7.25

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

13	10.64
14	9.00
15	5.90
16	4.15
17	4.60
18	4.82
19	7.07
20	8.60
21	10.50
22	10.95
23	7.75

Taula 2. Detall valors potència total comunitat per hores diari

Seguidament, podem passar a veure els consums totals de la comunitat en el període d'un dia:



Il·lustració 14. Consum diari mitjà de tota la comunitat

D'aquesta forma, podem veure els consums amb més detall en la següent taula:

Hores	kWh
0	4.55
1	7.21
2	9.44

3	12.07
4	14.82
5	17.22
6	20.18
7	23.86
8	29.86
9	35.38
10	39.25
11	42.82
12	50.07
13	60.71
14	69.71
15	75.61
16	79.76
17	84.36
18	89.18
19	96.25
20	104.85
21	115.35
22	126.3
23	134.05

Taula 3. Detall valors consum comunitat per hores diari

Amb un total de 134 kWh consumits entre tota la comunitat d'habitatges per dia, ens dona una mitjana de 8378 kWh per habitatge.

En valors mensuals estaríem parlant de 4021 kWh totals i 48258 kWh anuals.

## **2.3 Energia renovable fotovoltaica**

### **2.3.1 Selecció de la tecnologia fotovoltaica**

En aquest apartat ens centrarem en la selecció de la tecnologia fotovoltaica per la nostra comunitat d'habitatges energèticament independents. La generació d'energia mitjançant les plaques fotovoltaïques és la principal font de generació d'energia.

Gràcies a tot l'estudi que presentem i a totes les característiques escollides es podrà demostrar que la generació fotovoltaica serà clau pel nostre disseny. Però no serà la única font, ja que sabem que a la nit o en dies nuvolats, la generació és inexistent o molt reduïda.

Abans de poder seleccionar la tecnologia més adequada per al nostre disseny, hem d'analitzar totes les diferents opcions que tenim al mercat:

### 1. Plaques fotovoltaïques de silici cristal·lí:

Les plaques fotovoltaïques de silici cristal·lí són les més comunes i eficients. Poden ser monocristal·lines o policristal·lines i tenen una eficiència fins el 23 %. Són relativament duradores i tenen una vida útil major a 25 anys. Els seus avantatges són la seva alta eficiència i la seva vida útil llarga. Els seus inconvenients són el seu cost elevat i la seva baixa eficiència en condicions de poca llum.

### 2. Plaques fotovoltaïques de silici amorf:

Les plaques fotovoltaïques de silici amorf són més econòmiques que les de silici cristal·lí, però també són menys eficients, amb una eficiència fins al 10 %. Són flexibles i lleugeres, el que les fa ideals per a aplicacions en superfícies corbades. Els seus avantatges són el seu cost inferior i la seva flexibilitat, mentre que els seus inconvenients són la seva baixa eficiència i la seva vida útil curta.

### 3. Plaques fotovoltaïques de pel·lícula fina:

Les plaques fotovoltaïques de pel·lícula fina són les més econòmiques, però també les menys eficients, amb una eficiència del 5%. Estan fets de materials com el cadmi, i el arseni de gal·li, i són flexibles i lleugers. Els seus avantatges són el seu cost baix i la seva flexibilitat, mentre que els seus inconvenients són la seva baixa eficiència i la seva vida útil curta.

Els inconvenients que tenim sobre la generació de energia fotovoltaica són el seu cost inicial d'instal·lació, encara que cada any es millora la tecnologia i la generació d'energia. També es millora la seva eficiència limitada i la seva sensibilitat a les condicions climàtiques adverses en contra de la generació d'energia.

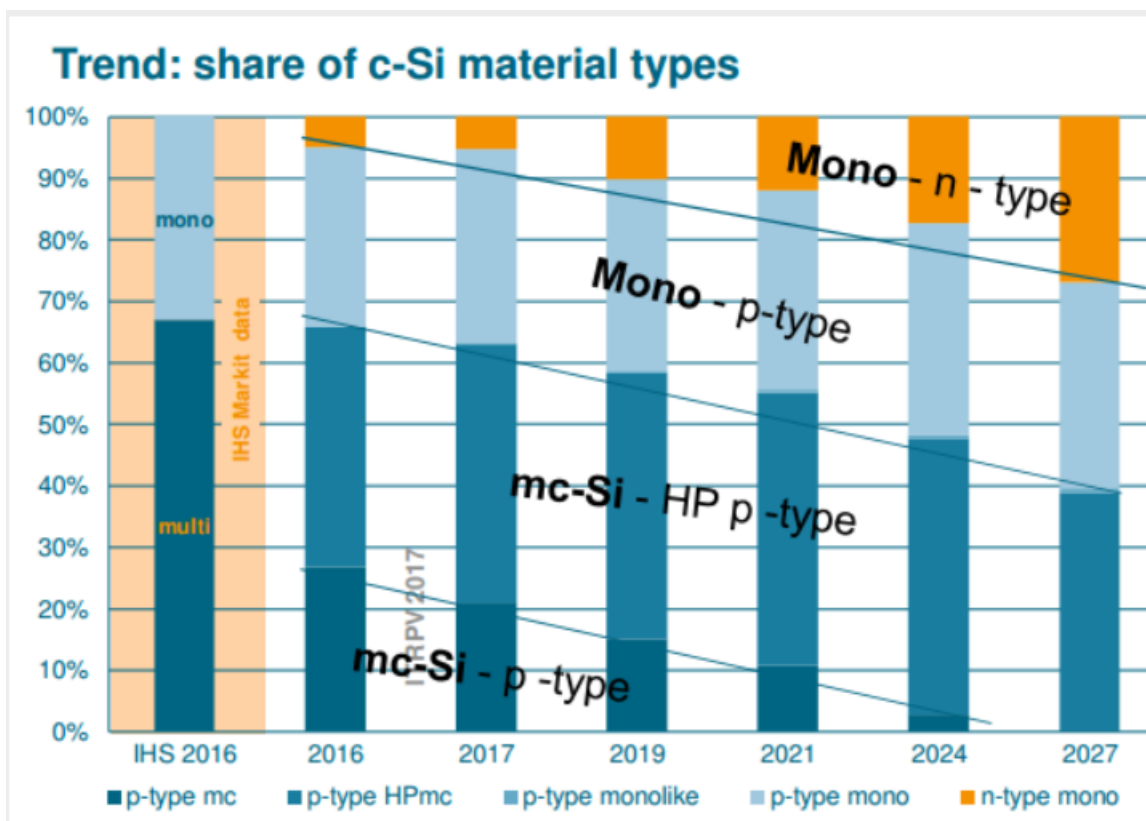
Tenint en compte l'estat de l'art en les tecnologies fotovoltaïques i tot el descrit anteriorment, s'ha escollit la tecnologia de plaques solars de silici cristal·lí. El model en concret és de la marca Jinko Solar, model Tiger Neo.

Aquesta placa és mono-facial i té una potència màxima de 615 W. El més interessant és que és una placa de tipus N.

Les plaques fotovoltaïques de tipus N estan començant a ser tendència en el mercat. Presenten diversos avantatges importants sobre les plaques fotovoltaïques de tipus P, incloent-hi l'eficiència, el cost, la resistència a la degradació i la facilitat de fabricació.

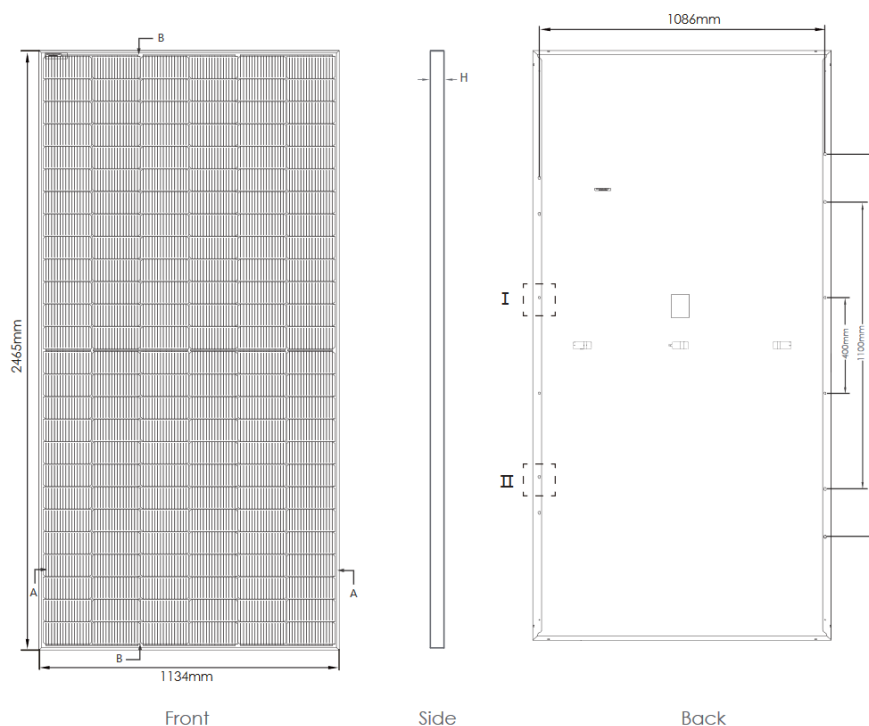
A continuació podem veure en la il·lustració 15 l'evolució i la tendència del mercat en els diferents materials utilitzats per la generació fotovoltaica. Tal com hem comentat, les mono-facials de tipus N estan començant a ser tendència gracies a les elevades eficiències (>20%), baix cost i gran generació d'energia.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H



Il·lustració 15. Tendència del mercat fotovoltaic. Font: Aleo-solar [7]

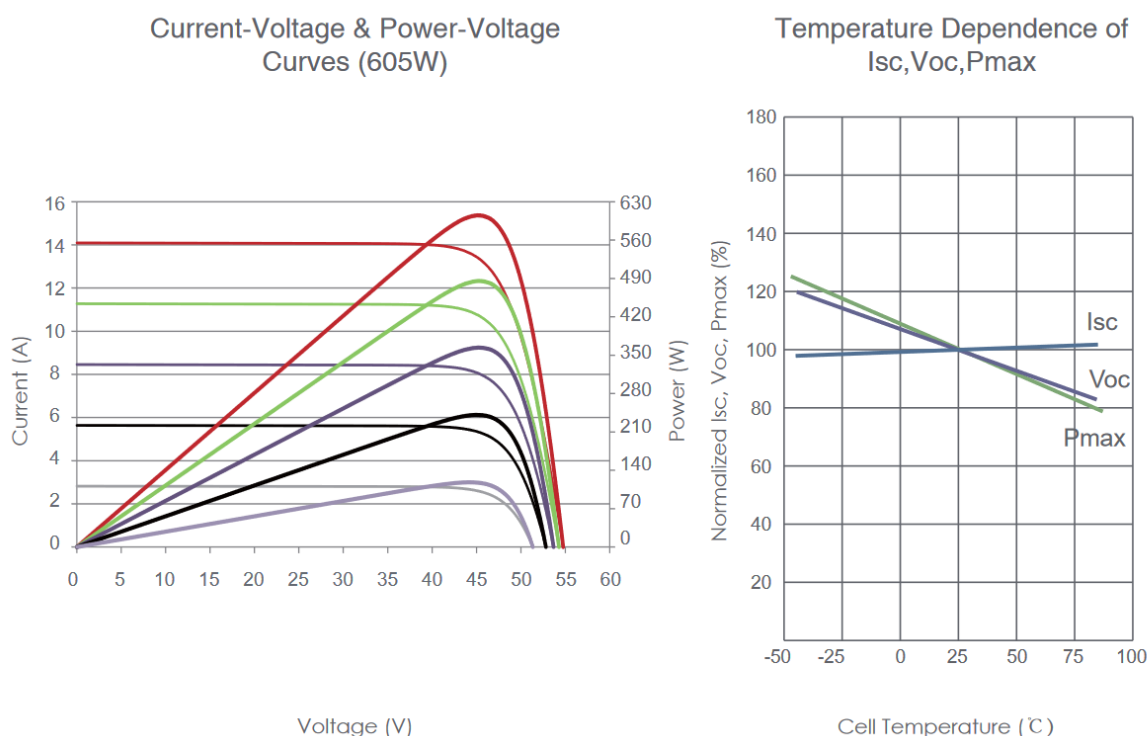
Entrant en més detall en la nostra placa fotovoltaica, podem observar les seves mesures, de gran mida. 2.46 m de llargada amb 1.13 m d'amplada:



Il·lustració 16. Mides del mòdul fotovoltaic Tiger Neo. Jinko Solar Datasheet [36]

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Les gràfiques de corrent, voltatge i potència es poden veure a la figura 17 on destaca la no linealitat de les corbes tensió-corrent i tensió-potència. En particular destaca la existència, per a cada irradiació, d'un punt de treball on es genera la màxima potència (Pmax).



Il·lustració 17. Gràfiques Tiger Neo. Jinko Solar Datasheet [36]

I a continuació la part més important per al nostre estudi, les característiques de la placa Tiger Neo 615 W amb els valors màxims de corrent i voltatge en STC (Standard Test Conditions) i NOCT (Nominal Operating Cell Temperature):

SPECIFICATIONS										
Module Type	JKM595N-78HL4 JKM595N-78HL4-V		JKM600N-78HL4 JKM600N-78HL4-V		JKM605N-78HL4 JKM605N-78HL4-V		JKM610N-78HL4 JKM610N-78HL4-V		JKM615N-78HL4 JKM615N-78HL4-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	595Wp	447Wp	600Wp	451Wp	605Wp	455Wp	610Wp	459Wp	615Wp	462Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	45.29V	41.93V	45.39V	42.05V	45.49V	42.16V	45.59V	42.28V	45.69V	42.39V
Maximum Power Current (Imp)	13.14A	10.67A	13.22A	10.73A	13.30A	10.79A	13.38A	10.85A	13.46A	10.91A
Open-circuit Voltage (Voc)	54.80V	52.05V	54.95V	52.20V	55.10V	52.34V	55.25V	52.48V	55.40V	52.62V
Short-circuit Current (Isc)	13.90A	11.22A	13.97A	11.28A	14.04A	11.34A	14.11A	11.39A	14.18A	11.45A
Module Efficiency STC (%)	21.29%		21.46%		21.64%		21.82%		22.00%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.046%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

Il·lustració 18. Gràfiques Tiger Neo. Jinko Solar Datasheet [36]

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

STC significa "condicions estàndard de prova" (Standard Test Conditions, en anglès). Aquestes condicions són una sèrie de paràmetres que es fan servir per estandarditzar la prova de rendiment dels panells solars.

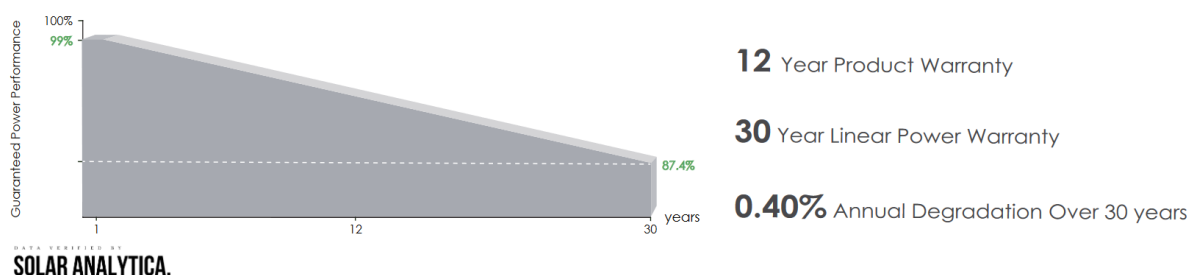
Així, quan es mesura el rendiment d'un panell solar en condicions estàndard de prova, es pot comparar amb altres panells solars de forma més precisa.

NOCT significa "condicions nominals de funcionament en temperatura" (Nominal Operating Cell Temperature, en anglès). Aquestes condicions són una sèrie de paràmetres que es fan servir per descriure el rendiment dels panells solars en condicions reals de funcionament

\*STC:  Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>  Cell Temperature 25°C  AM=1.5  
NOCT:  Irradiance 800W/m<sup>2</sup>  Ambient Temperature 20°C  AM=1.5  Wind Speed 1m/s

A més a més, per la selecció del nostre panell fotovoltaic, s'ha tingut molt en compte les garanties i les condicions de degradació. En el nostre cas, tenim 30 anys de garantia en el concepte de degradació de potència, on ens asseguren que en 30 anys la degradació reduirà la potència respecte el valor nominal només fins al 87.4 %.

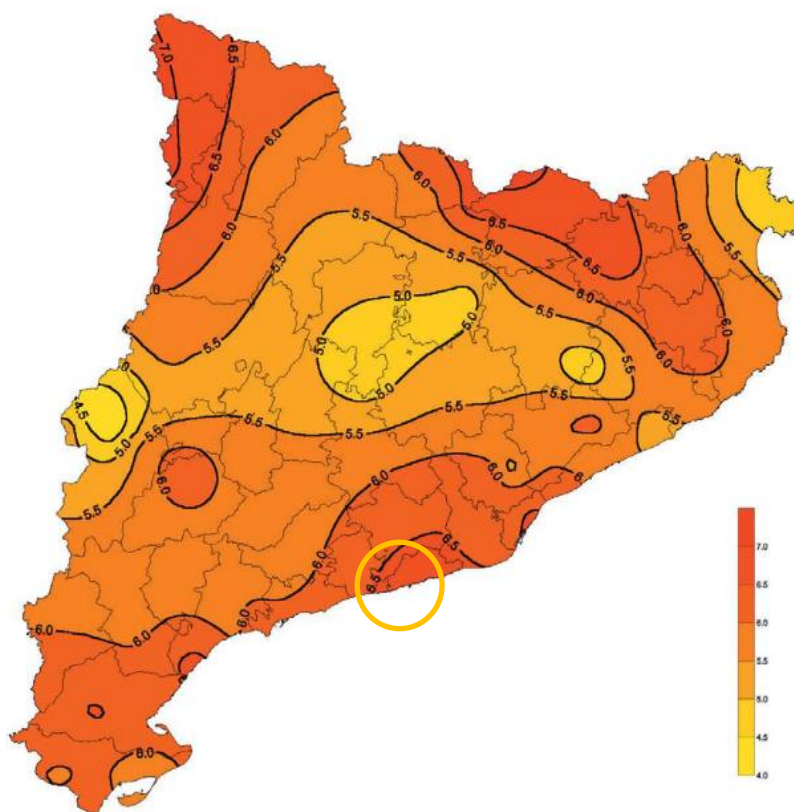
## LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



Il·lustració 19. Garantia en la degradació linear de potència. Jinko Solar Datasheet [36]

### 2.3.2 Estudi de la irradiació solar en la comunitat

Per poder fer tots els nostres anàlisis de generació fotovoltaica, hem de saber quina es la irradiació en la nostra comunitat. Per això accedim als mapes d'irradiació solar de la pagina Gencat i podem veure que la zona costanera del Garraf té una irradiació major a 6.5 MJ/(m<sup>2</sup>·dia) que equivaldria a 1.8 kWh/(m<sup>2</sup>·dia) pel mes de desembre.

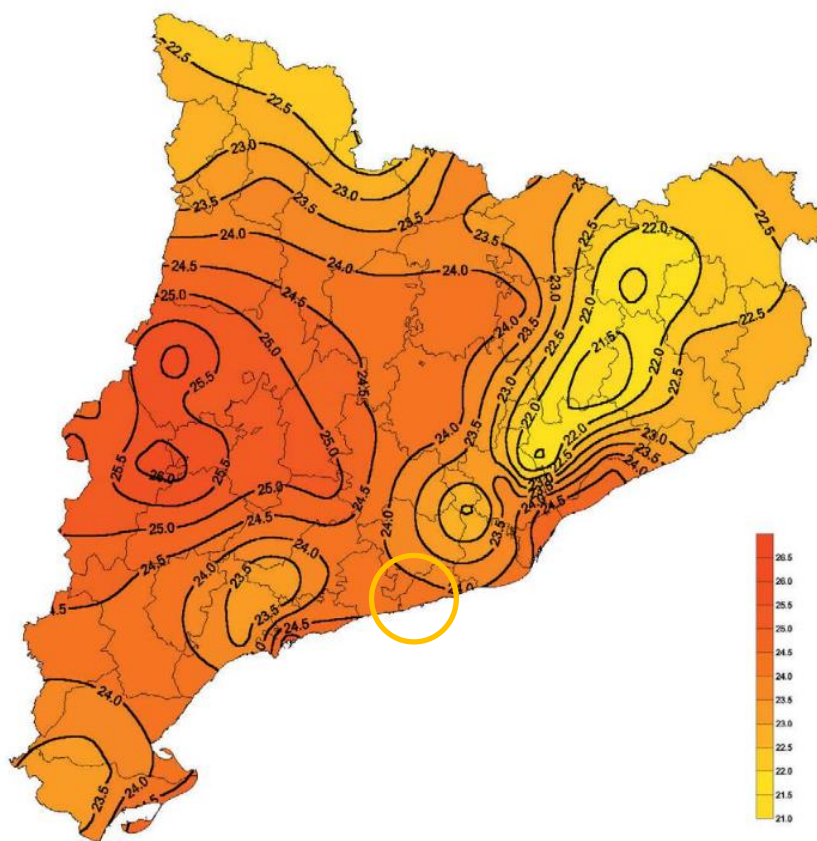


Il·lustració 20. Mitjana irradiació Solar desembre en MJ/(m<sup>2</sup>·dia) Font: Gencat [32]

Una irradiació major que la majoria de la resta de Catalunya ens donarà un avantatge en el càlcul d'energia produïda per els panells fotovoltaics.

A destacar, que el mes de desembre és el mes de l'any on menys irradiació hi ha, i que utilitzarem primerament per fer el dimensionament correcte de la nostra instal·lació.

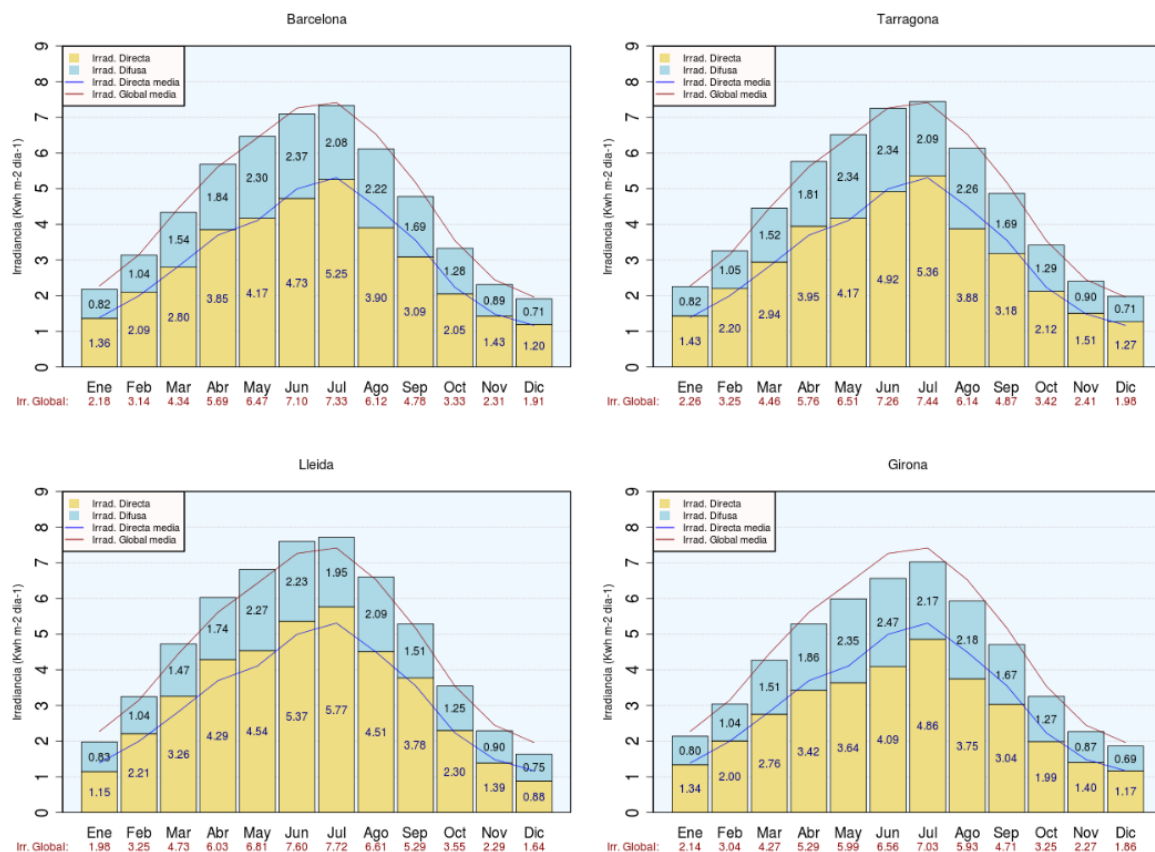
Per poder comparar la diferencia entre el mes del solstici d'estiu, juny, i el mes que menys irradiació té, desembre, podem veure en la següent il·lustració la irradiació de juny:



Il·lustració 21. Mitjana irradiació Solar juny en MJ/(m<sup>2</sup>·dia) Font: Gencat [32]

Podem apreciar que la irradiació solar al mes de juny a la zona costera del Garraf és aproximadament de 24.5 MJ/(m<sup>2</sup>·dia). Que equival a 6.8 kWh/(m<sup>2</sup>·dia) en total. Més de tres cops el que teníem al desembre.

Per poder contrastar valors amb diferents fonts també observarem els valors de l'agència estatal de meteorologia per a les diferents províncies de Catalunya i per a cada un dels mesos:



Il·lustració 22. Irradiació Catalunya en kWh/(m<sup>2</sup>·dia) per mesos. Font: Aemet [8]

Es important destacar la diferència entre radiació directa i difusa:

1. Irradiació directa: Aquesta és la radiació que arriba directament del sol a la superfície terrestre, sense cap interferència per part de les núvols o l'atmosfera. És una radiació molt intensa i es produeix quan el sol està a una posició elevada en el cel, com al migdia en un dia assolellat.
2. Irradiació difusa: Aquesta és la radiació que es dispersa en la atmosfera abans d'arribar a la superfície terrestre. Es produeix per la reflexió de la radiació solar per part de les núvols, la boira i altres partícules atmosfèriques. És una radiació més suau i homogènia que la irradiació directa.

També cal destacar que la irradiació directa és més intensa que la irradiació difusa, ja que no ha estat dispersada per l'atmosfera i que varia al llarg del dia i de l'any, ja que depèn de la posició del sol en el cel. En canvi, la irradiació difusa és més constant i no depèn de la posició del sol. En canvi, arriba des de moltes direccions diferents, ja que és dispersada en moltes direccions per l'atmosfera.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Per entrar en més detall, totes les dades de irradiació s'extrauran de la font de informació de la generalitat de Catalunya (Atles de la radiació solar a Catalunya) On aquesta esta molt detallada per dia, per mes e inclús per hora.

S'ha de destacar la importància de la inclinació, en aquest cas serà de la teulada, i també la importància de l'orientació. A més inclinació, tindrem una millora en els mesos d'hivern, on el sol esta més baix, i a menys inclinació, una millora en els mesos d'estiu.

Per veure tot el detall de irradiació per inclinació i orientació observarem la taula següent:

**Radiació solar global diària sobre superfícies inclinades (MJ/m<sup>2</sup>/dia). Estació: Barcelona**

Orientació: 0°													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0°	6,80	9,65	13,88	18,54	22,25	24,03	23,37	20,42	16,05	11,40	7,73	6,04	15,04
5°	7,70	10,56	14,72	19,15	22,58	24,21	23,63	20,93	16,85	12,32	8,66	6,94	15,71
10°	8,56	11,41	15,47	19,67	22,78	24,25	23,74	21,31	17,54	13,17	9,55	7,80	16,29
15°	9,37	12,19	16,14	20,07	22,84	24,13	23,70	21,59	18,13	13,95	10,38	8,61	16,78
20°	10,12	12,90	16,70	20,35	22,76	23,87	23,52	21,76	18,61	14,63	11,15	9,37	17,17
25°	10,81	13,52	17,17	20,51	22,60	23,48	23,24	21,80	18,98	15,23	11,85	10,07	17,46
30°	11,43	14,07	17,52	20,54	22,32	23,02	22,86	21,71	19,23	15,73	12,47	10,71	17,65
35°	11,97	14,52	17,77	20,45	21,90	22,43	22,34	21,48	19,36	16,13	13,01	11,28	17,73
40°	12,44	14,88	17,91	20,23	21,35	21,70	21,69	21,12	19,37	16,43	13,47	11,77	17,71
45°	12,83	15,15	17,94	19,89	20,67	20,84	20,90	20,63	19,26	16,63	13,85	12,19	17,58
50°	13,14	15,32	17,86	19,43	19,87	19,86	20,00	20,02	19,03	16,72	14,13	12,53	17,33
55°	13,36	15,40	17,67	18,85	18,95	18,77	18,97	19,29	18,68	16,71	14,32	12,78	16,98
60°	13,49	15,37	17,36	18,16	17,92	17,60	17,84	18,44	18,22	16,59	14,42	12,95	16,53
65°	13,53	15,25	16,95	17,36	16,83	16,41	16,71	17,48	17,65	16,36	14,42	13,04	16,00
70°	13,49	15,03	16,44	16,46	15,70	15,14	15,48	16,43	16,97	16,03	14,33	13,03	15,38
75°	13,35	14,72	15,83	15,47	14,48	13,78	14,18	15,35	16,19	15,60	14,14	12,94	14,67
80°	13,13	14,31	15,12	14,41	13,18	12,36	12,80	14,17	15,31	15,08	13,86	12,77	13,87
85°	12,82	13,81	14,32	13,29	11,82	10,93	11,35	12,93	14,34	14,45	13,50	12,51	13,00
90°	12,43	13,23	13,44	12,11	10,41	9,57	9,99	11,62	13,30	13,74	13,04	12,16	12,08

Taula 4. Taula irradiació Solar anual en MJ/(m<sup>2</sup>·dia) Font: Meteocat [33]

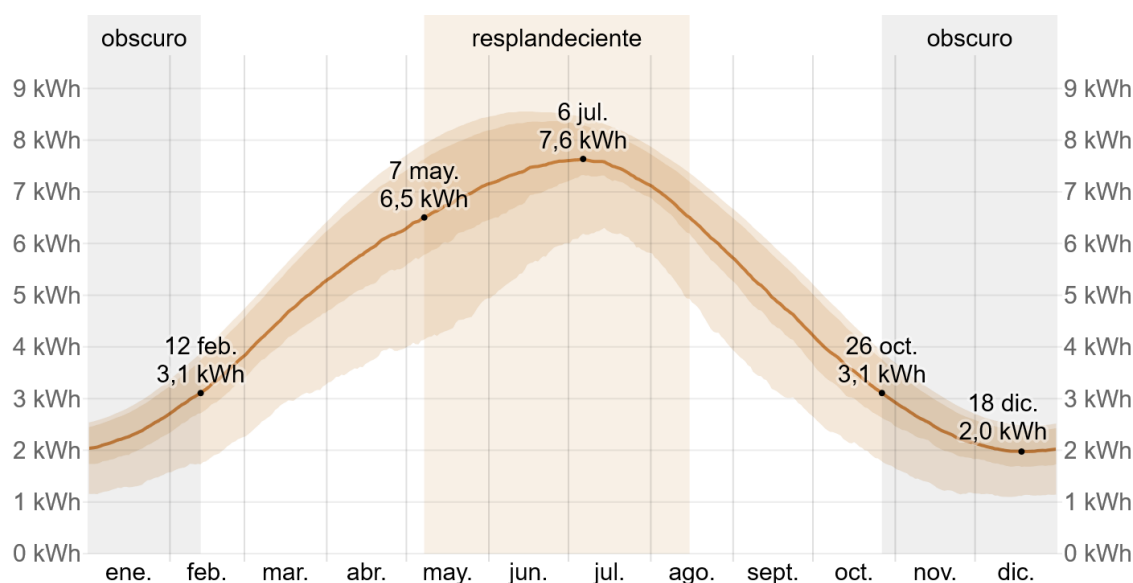
Per exemple, entrant en més detall en el gràfic d'inclinació de 30° (teulada) amb orientació de 0° podrem veure per hora la irradiació global per mes:

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Inclinació: 30°. Orientació: 0°																	
Mes	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Total
Gen	0	0	0	226	741	1236	1641	1869	1869	1641	1236	741	226	0	0	0	11426
Feb	0	0	0	442	974	1506	1935	2175	2175	1935	1506	974	442	0	0	0	14065
Mar	0	0	180	687	1267	1829	2276	2524	2524	2276	1829	1267	687	180	0	0	17524
Abr	0	14	367	922	1528	2099	2546	2792	2792	2546	2099	1528	922	367	14	0	20539
Mai	0	97	504	1074	1676	2232	2671	2906	2906	2671	2232	1676	1074	504	97	0	22320
Jun	0	130	566	1140	1736	2291	2710	2938	2938	2710	2291	1736	1140	566	130	0	23022
Jul	0	114	539	1116	1720	2284	2711	2944	2944	2711	2284	1720	1116	539	114	0	22858
Ago	0	50	430	1003	1619	2195	2655	2901	2901	2655	2195	1619	1003	430	50	0	21708
Set	0	0	262	803	1409	1990	2448	2701	2701	2448	1990	1409	803	262	0	0	19228
Oct	0	0	0	553	1121	1681	2130	2380	2380	2130	1681	1121	553	0	0	0	15729
Nov	0	0	0	309	828	1342	1761	1995	1995	1761	1342	828	309	0	0	0	12469
Des	0	0	0	160	678	1164	1564	1789	1789	1564	1164	678	160	0	0	0	10709

Taula 5. Taula irradiació Solar per hores en MJ/(m<sup>2</sup>·dia) Font: Gencat [32]

Per comparar la qualitat de les dades de la nostre font principal, Gencat (Generalitat de Catalunya), amb altres fonts, ho compararem amb la següent informació de:



I·lustració 23. Report de irradiació Barcelona anual Font: Weatherspark [9]

Podem observar que al desembre tenim uns 2 kWh de irradiació en el valor mínim, per la zona de Barcelona, una mica superior als 1.68 kWh que podem veure amb les dades de Gencat per una inclinació de 0°. De tal forma succeeix lo mateix per el més de Juny, on dels 7.6 kWh que ens mostra Weatherspark comparats amb els 6.68 kWh que tenim a Gencat de mitjana.

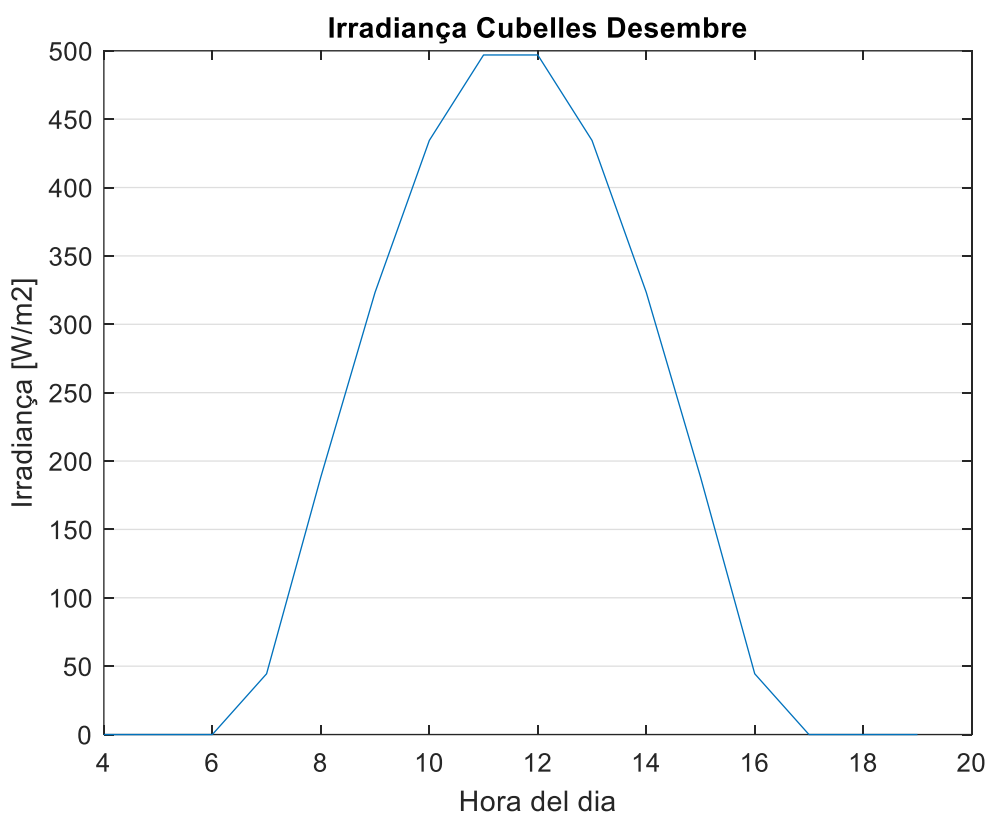
D'aquesta forma, ja ens es perfecte obtenir les dades de Gencat, que a part de ser una font fiable, són una mica menors a les altres fonts i haurem de ajustar molt més el disseny per ser viable.

Aquí podem veure amb més detall el valors a mitat de mes de l'anterior gràfica:

	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Energía solar kWh	2.3	3.3	4.6	5.9	6.8	7.4	<u>7.5</u>	6.4	4.9	3.5	2.5	<u>2.0</u>

Taula 6. Taula valors del gràfic. Font: Weatherspark [9]

D'aquesta forma, seguint les dades mencionades de Gencat, i per poder arribar al nostre objectiu de conèixer la irradiància de Cubelles en el mes de desembre, podem concloure que el següent gràfic i taula són de la irradiància que hi haurà a Cubelles de forma mitjà en un mes de desembre:



Il·lustració 24. Irradiància mitjana a Cubelles del desembre.

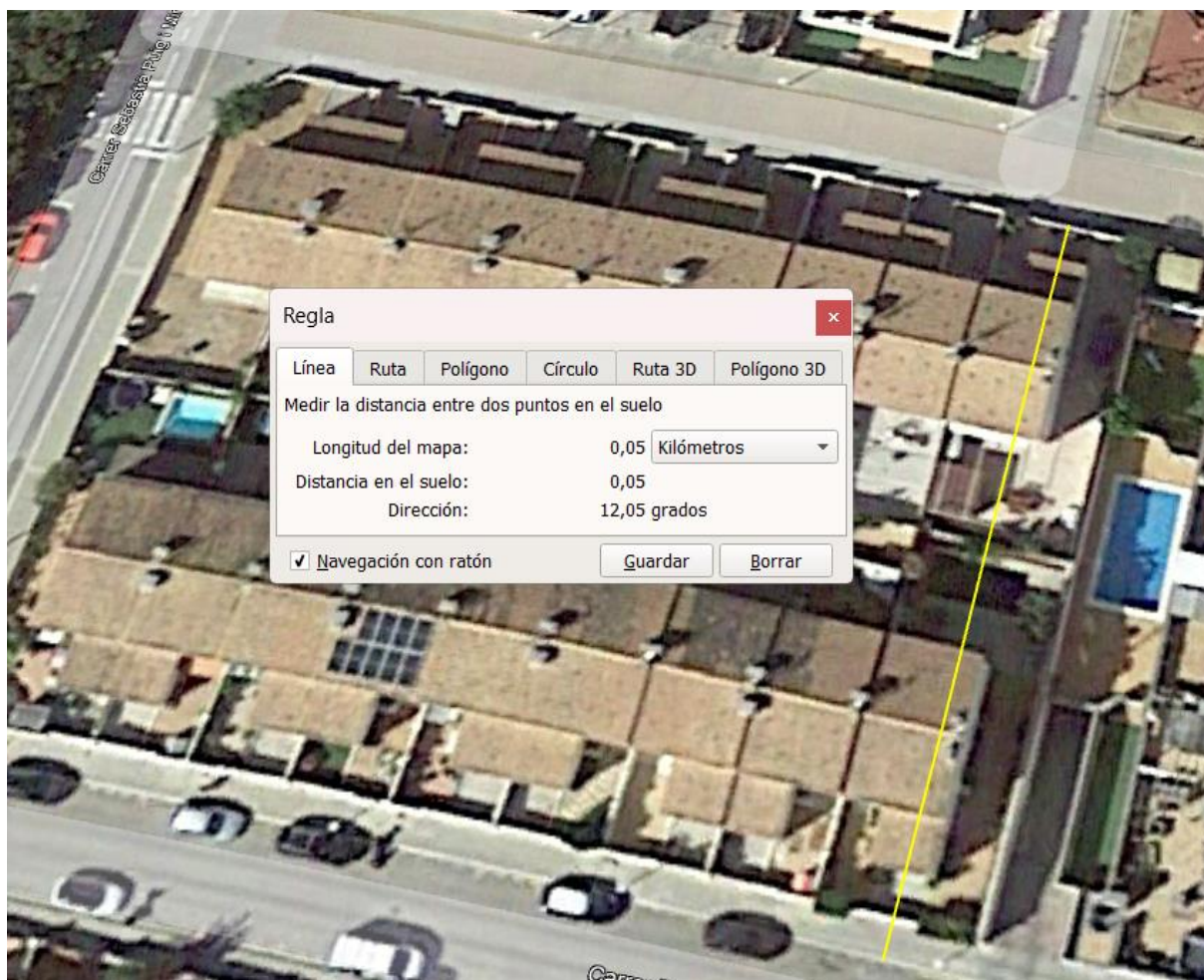
Hora del dia	Irradiància [W/m²]
4	0.00

5	0.00
6	0.00
7	44.44
8	188.33
9	323.33
10	434.44
11	496.94
12	496.94
13	434.44
14	323.33
15	188.33
16	44.44
17	0.00
18	0.00
19	0.00

Taula 7. Irradiància mitjana Cubelles desembre

### 2.3.3 Estudi de la situació de la comunitat envers la generació fotovoltaica

Un aspecte important a considerar és l'orientació geogràfica de la comunitat. En el nostre cas, la comunitat no està perfectament orientada al sud, que seria lo ideal, està aproximadament 12 graus orientada a l'oest.



Il·lustració 25. Orientació comunitat envers azimuth. Font: Google Maps

Gràcies a l'estudi que ha fet Solmetric respecte l'azimuth en diferents zones d'Estats Units hem pogut veure que les pèrdues de irradiància màxima per estar orientat  $12^{\circ}$  a l'oest són molt petites, de com a màxim de un 1%.

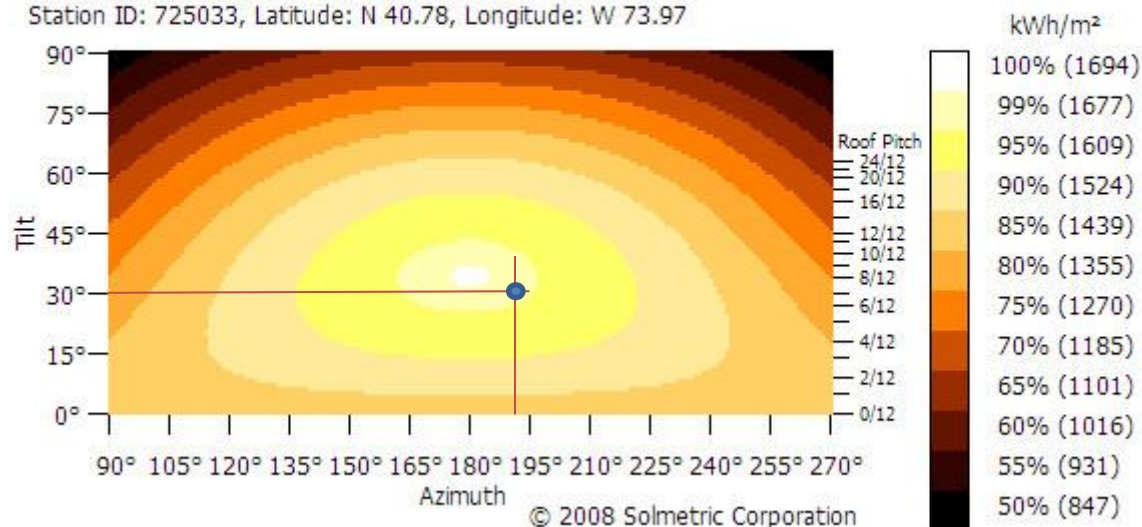
En aquest cas, s'ha agafat Nova York com a referència ja que esta molt aproximadament a la mateixa latitud, que és un aspecte important per poder saber la irradiància.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Annual Insolation as a Function of Panel Orientation

Location: NEW YORK CENTRAL PRK O, NY Optimal Tilt=34°, Azimuth=180°, Insolation=1694 kWh/m<sup>2</sup>

Station ID: 725033, Latitude: N 40.78, Longitude: W 73.97



Il·lustració 26. Representació pèrdues per azimuth Font: Solmetric [10]

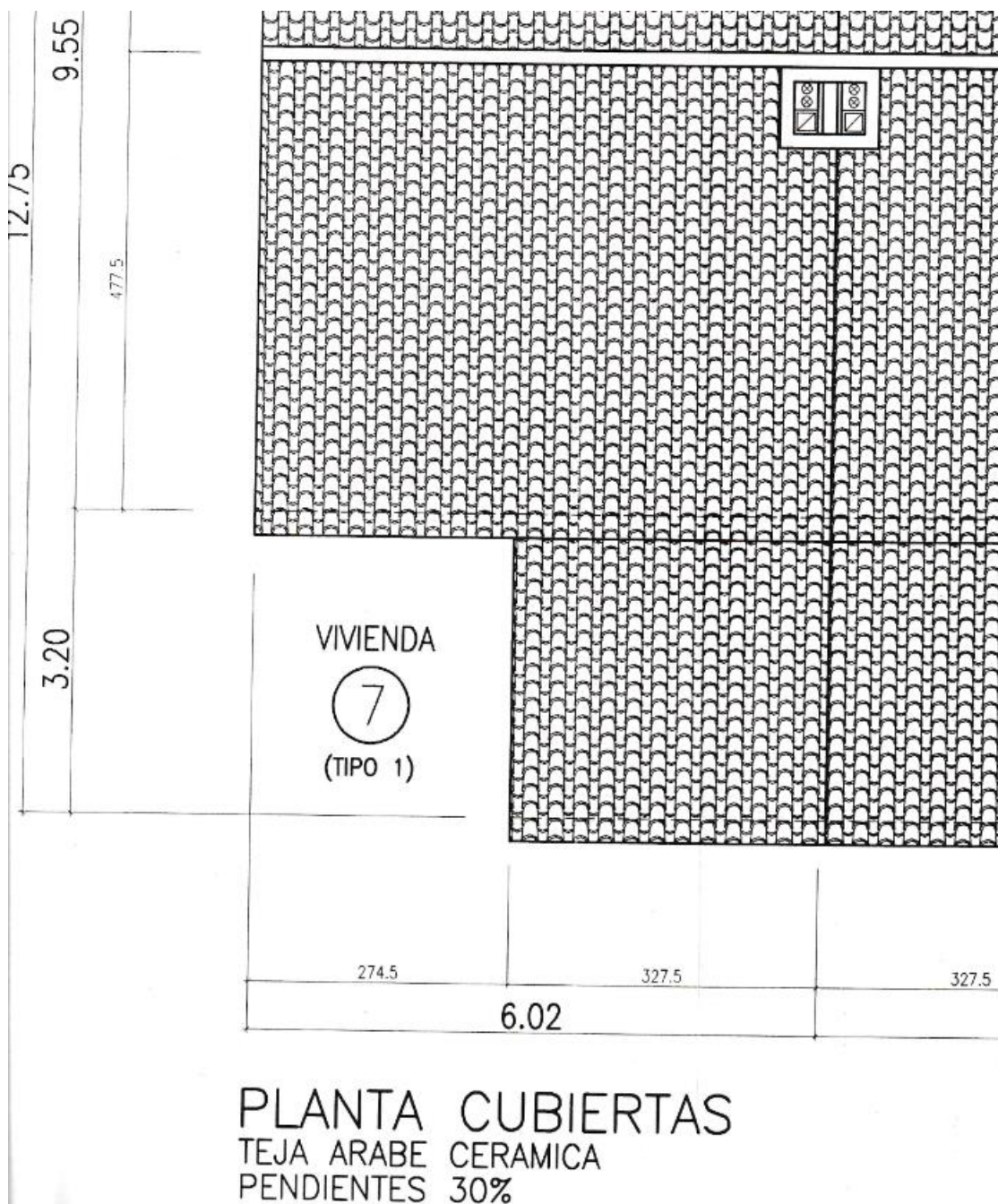
### 2.3.4 Presentació teulada hàbil per a cada habitatge

A continuació passarem a veure la teulada que tenim disponible per poder destinar a la generació fotovoltaica o per altres usos.

L'espai hàbil orientat al sud que tenim a la part de la teulada es de 4.77 m per 6.02 m, que correspon a una superfície de 28.71 m<sup>2</sup>. Tenint en compte que hi ha una petita zona ocupada per la xemeneia.

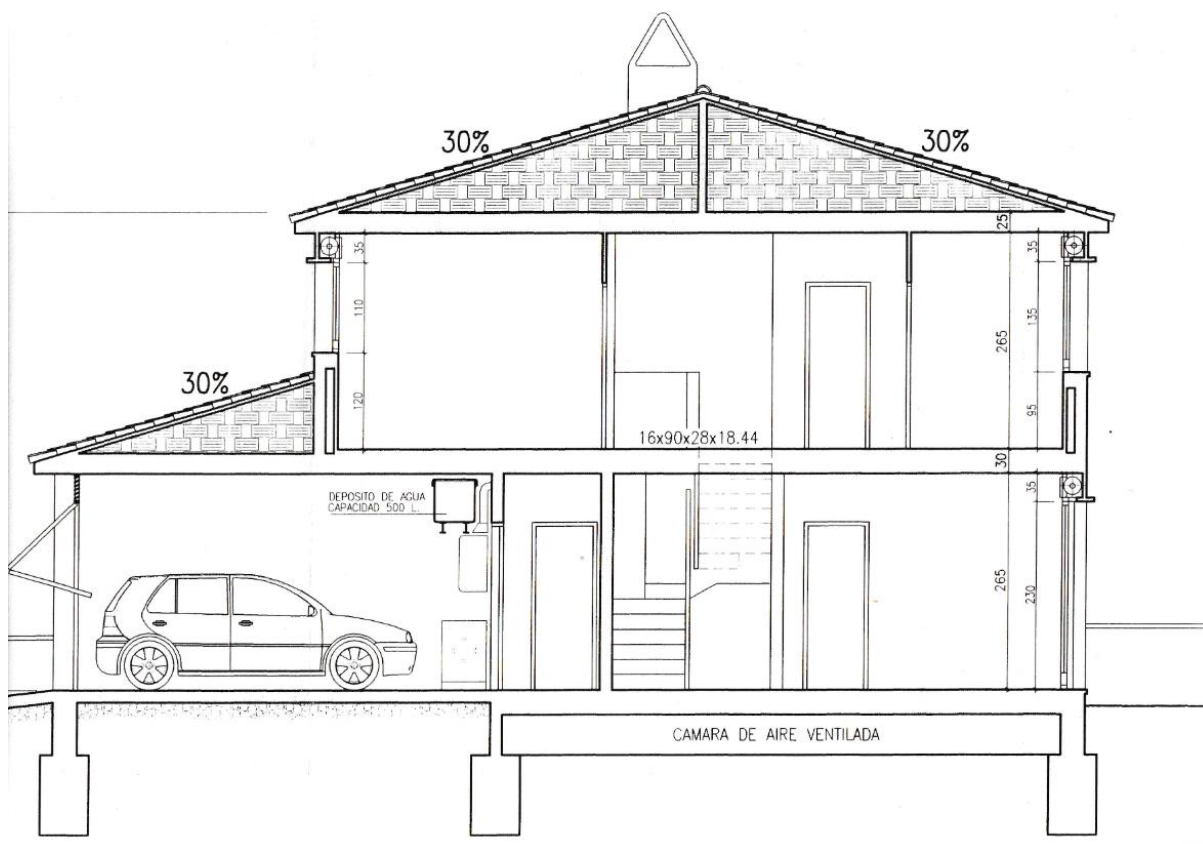
També tenim una petita teulada sobre del garatge, al primer pis, que es de 3.20 m per 3.27 m, que en total fa una àrea de 10.46 m<sup>2</sup>.

Tot aquest espai hàbil és nomes d'un habitatge. Haurem de tenir en compte que la comunitat es compona de 18 habitatges en total.



Il·lustració 27. Plànol de les diferents teulades en un sol habitatge. Font: Plànols habitatge

### 2.3.5 Inclinió teulades



Il·lustració 28. Perfil d'un habitatge. Font: Plànols habitatge

Amb el perfil d'un habitatge es pot veure millor l'habitatge al complet. En la part sud, on tenim el garatge, tots els pendents són del 30 %.

## 2.4 Energia renovable eòlica

### 2.4.1 Estudi vent zona costera Garraf

Un apartat important en el nostre disseny serà l'energia eòlica. Una forma crucial per poder seguir generant energia quan l'energia solar generada és nul·la.

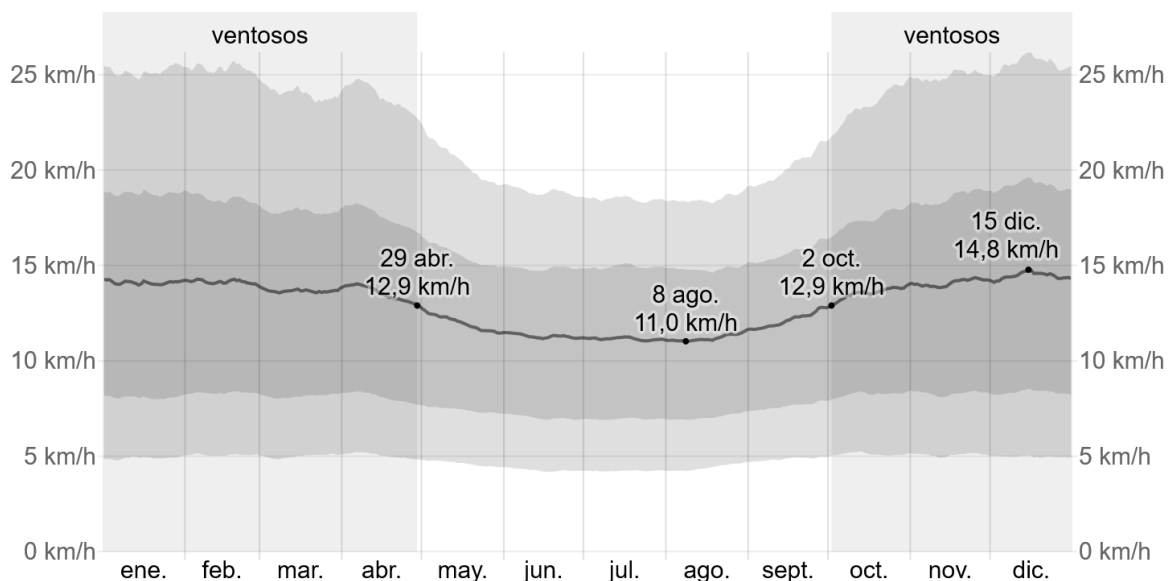
A continuació veurem de forma estadística el vector de vent mitjà mensual en la zona costera de Garraf en forma de velocitat en km/h a 10 metres sobre el sòl.

El vent en certa ubicació depèn en gran mesura de la topografia local i altres factors. I la velocitat instantània i la direcció del vent varia molt més àmpliament que les mitjanes per hora.

Per sort, la velocitat mitjana del vent per hora en la zona del Garraf té variacions estacionals molt lleus durant tot el any.

La part més ventosa de l'any dura 7 mesos, de l'octubre a l'abril, amb una velocitat mitjana del vent de més de 12,9 quilòmetres per hora. El mes més ventós de l'any a la Costa del Garraf és el desembre, amb vents d'una velocitat mitjana de 14,5 quilòmetres per hora.

El temps més calmat de l'any dura 5 mesos, de l'abril a l'octubre. El mes més calmat de l'any a la Costa del Garraf és el juliol, amb vents d'una velocitat mitjana d'11,1 quilòmetres per hora.



Il·lustració 29. Gràfic de vent mitjà zona del Garraf. Font: Weatherspark [9]

Pel nostre estudi de viabilitat eòlica és un resultat excel·lent que el desembre, on estem focalitzant el nostre estudi al ser el mes amb menys generació fotovoltaica, sigui el mes amb més generació eòlica de tot l'any:

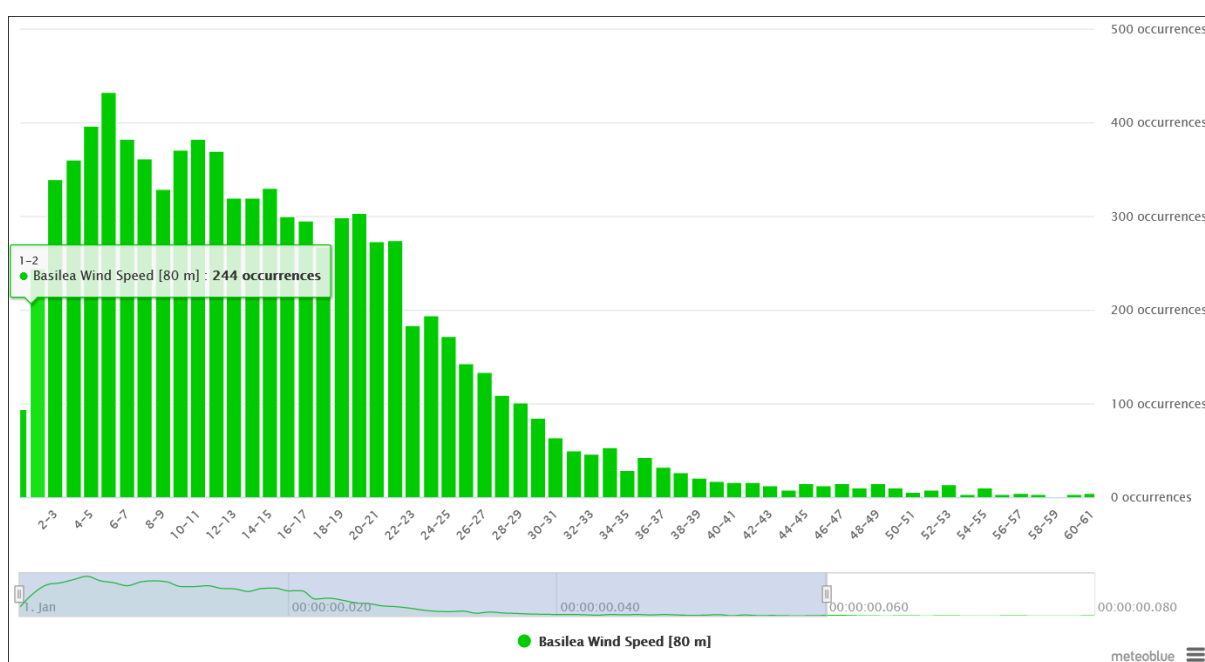
Vel. vent (km/h):												
gen.	feb.	mar.	abr.	maig	jun.	jul.	ago.	set.	oct.	nov.	des.	
14.1	14.1	13.7	13.5	11.9	11.3	11.1	11.2	12.2	13.6	14.1	14.5	

És important destacar que l'altura en què l'aerogenerador s'instal·li serà molt important ja que a més altura sempre hi ha més vent.

Per sort, la base de la nostra comunitat es troba a uns 40 metres aproximadament, així que podrem calcular que els aerogeneradors estaran a 50 metres aproximadament d'altura amb el màstil.

Un gran punt a favor es que no hi ha cap mena d'obstacle ni edifici que pugui distorsionar la velocitat del vent, ja que tota la comunitat es troba a la part de dalt d'un turó on té vista directa al mar.

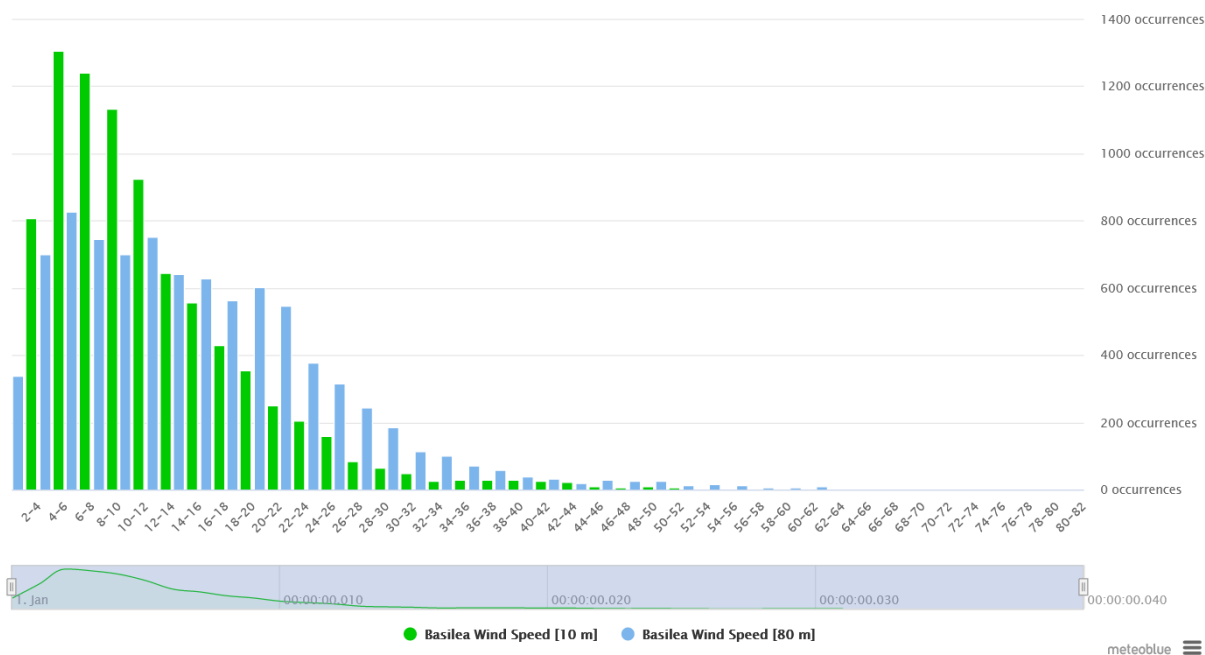
Per exemple, en la web de mapes meteorològics meteoblue, podem extreure informació de les diferents velocitats de vent a diferents altures. La primera a 80 m en la zona del Garraf:



Il·lustració 30. Histograma ocurrencies vents Garraf a 80 m altura. Font: Meteoblue [11]

Gracies a aquesta informació, podem comparar a la mateixa font amb el histograma d'ocurrències amb vents a 10 metres d'altura, i es pot apreciar l'augment en la intensitat. En el següent gràfic podem apreciar, en blau les dades a 80 m i en verd les dades a 10 m:

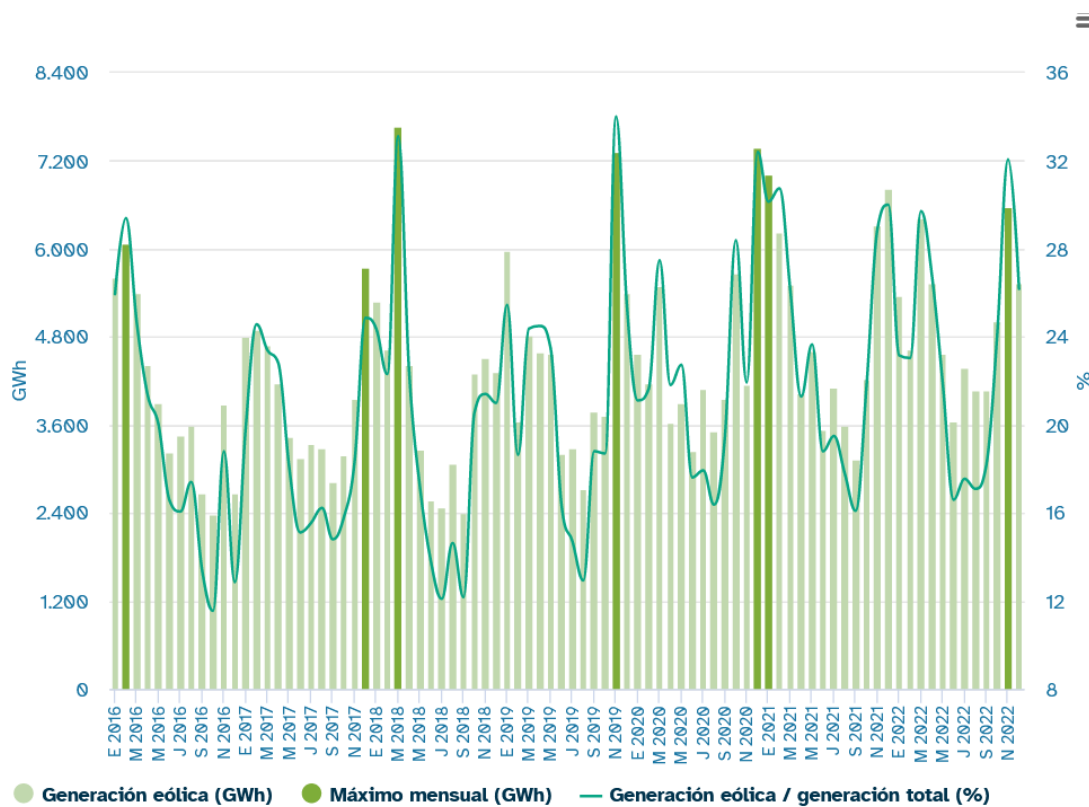
Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H



Il·lustració 31. Comparativa vents zona Garraf. Font: Meteoblue [11]

L'augment és clar per a altures més altes. Cosa que tindrem en compte a l'hora d'analitzar per al nostre cas concret en la comunitat.

La següent font que revisarem és la de la xarxa elèctrica d'Espanya (REE), on també ens deixa clar que els mesos d'hivern són els que més generació eòlica.

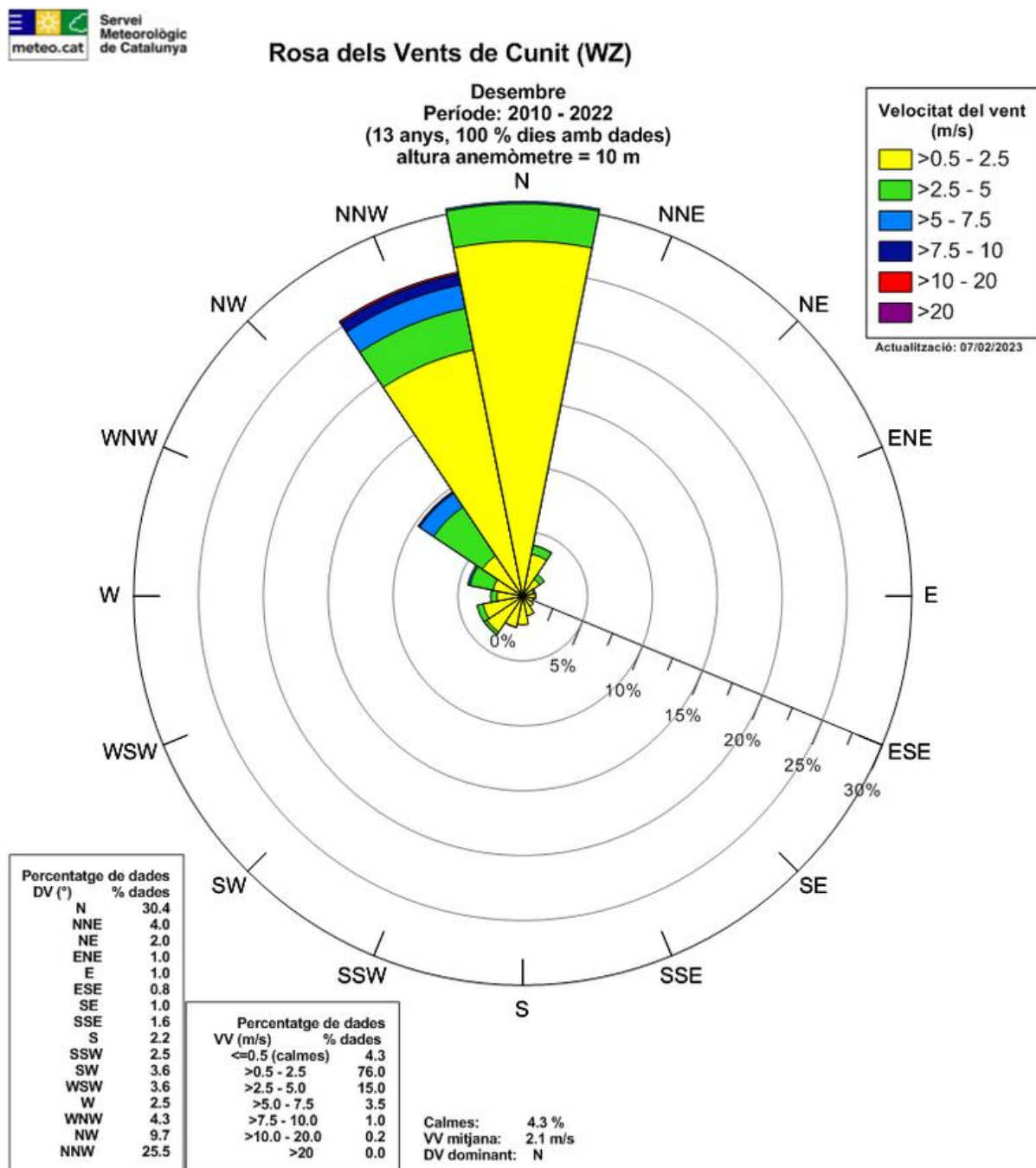


Il·lustració 32. Generació eòlica Espanya. Font: REE [2]

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

La informació proporcionada per REE és molt interessant i completa, ja que recull fins els últims 7 anys i es pot concloure que els mesos més ventosos són de novembre a gener.

A continuació podem veure la rosa dels vents del mes de desembre segons l'estació meteorològica que hi ha més a prop de la nostra comunitat, a Cunit:



Il·lustració 33. Rosa dels vent a Cunit. Font: Meteocat [33]

Gràcies a aquestes dades de Gencat amb 13 anys d'adquisició sense ni un dia sense dades, tenim com a conclusió que a l'estació meteorològica de Cunit hi ha una mitjana de 2.1 m/s de velocitat de vent a 10 metres d'altura.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Per veure-ho amb més detall, s'ha extret la informació de l'any 2020 per a aquesta estació, on veiem que en el mes de desembre, el vent va ser superior a la mitjana mencionada anteriorment.

VELOCITAT MITJANA DEL VENT MENSUAL ( m/s ) - 2020																
COMARCA	CODI i NOM EMA	vent	GEN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DES	ANY	
Baix Llobregat	UF PN del Garraf - el Rasoler	2 m	2.6	2.4	2.9	2.3	2.2	1.8	1.5	1.7	2.1	2.4	1.9	3.2 *	2.2	
	Y7 Port de Barcelona - Bocana Sud	10 m	5.1	4.1	5.4 *	4.7	3.9	3.5	3.3	3.9	3.9	4.3	4.4	4.5	4.3	
	D3 Vallirana	10 m	1.5	1.6	1.8	1.6	1.8	1.7	1.8	1.8	1.7	1.8	1.2	2.0	1.7	
	UG Viladecans	2 m	1.3	1.1	1.4	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	1.0	1.1	1.0	1.2	1.1	
	WZ Cunit	10 m	2.0	1.9	2.3	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.1	1.6	2.4	1.9	
Baix Penedès	UH el Montmell	6 m	2.4	2.3	2.6	2.2	2.1	1.8	1.7	1.8	2.0	2.5	1.9	2.9	2.2	
	D9 el Vendrell	10 m	2.3	2.0	2.8	1.9	2.1	2.0	2.0	2.2	2.2	2.5	1.8	3.0	2.2	
Barcelonès	WU Badalona - Museu	6 m	3.7	2.8	3.2	2.8	2.6	2.5	2.5	2.7	2.9	2.9	2.6	3.3	2.9	
	X4 Barcelona - el Raval	10 m	2.0	1.9	2.6	2.1	2.1	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0	1.7	2.2	2.0	
	D5 Barcelona - Observatori Fabra	10 m	5.0	4.0	4.4	4.1	3.8	3.3	3.1	3.6	3.8	3.9	4.3	4.9	4.0	
	X8 Barcelona - Zona Universitària	10 m	2.3	2.0	2.8	2.2	2.1	1.9	1.8	2.0	1.9	2.1	1.8	2.6	2.1	

Taula 8. Taula mitjana de vents a Cunit. Font: Meteocat [33]

Amb tota aquesta informació i coneixent que la nostra comunitat està situada a més altura, amb aerogeneradors a uns 50 m d'altura respecte el sòl. Es considera un vent mitjà lleugerament superior a la mitjà de l'estació de Cunit d'un total de 2.5 m/s per desembre.

## 2.4.2 Selecció de la tecnologia eòlica

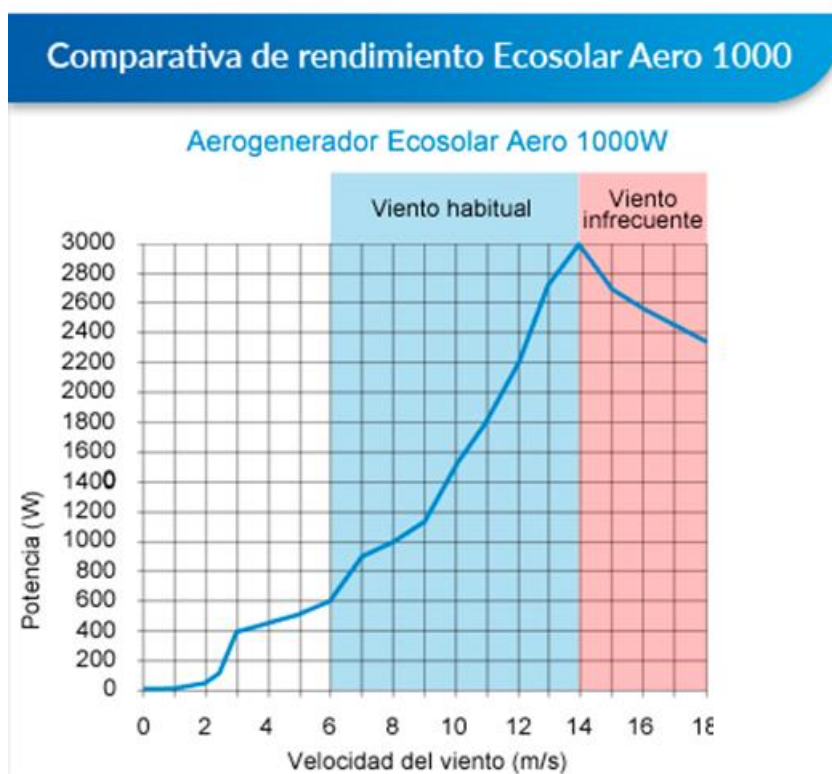
Després de totes les anàlisis de vents en la comunitat s'ha buscat un aerogenerador que sigui compatible amb vents baixos-mitjos. El EcoSolar generador eòlic 1000 48V serà el escollit:



Il·lustració 34. Generador EcoSolar 1000 48 V. Font: DamiaSolar [12]

El aerogenerador EcoSolar es capaç de començar a generar electricitat a partir de vents de 2 m/s. Molt per sota dels més famosos com Bornay, que comencen a funcionar a partir dels 3 m/s cap amunt.

En el nostre cas, en desembre, el mes més crític per a la nostra anàlisi, on necessitarem que l'eòlica sigui el nostre major ajut, podem generar 200 W amb 2.5 m/s de vent o fins 400 W amb 3 m/s de vent.



Il·lustració 35. Generació vs velocitat de vent EcoSolar. Font: DamiaSolar [12]

## 2.4.3 Problemàtiques del molí de vent amb l'entorn

### 2.4.3.1 Soroll

Una dels principals problemàtiques que pot haver en instal·lar un molí de vent de dimensions importants a una zona residencial és el soroll. Per sort, al ser un molí dissenyat per treballar amb rangs menors als de la competència, el soroll que emet està descrit com a menor a 50 dB.

Revisant la ordenança reguladora del soroll i les vibracions de la generalitat de Catalunya, hem pogut obtenir que en les zones de sensibilitat acústica alta, on es troba la zona residencial, en el punt A4, el valor màxim en decibels permès de 23 h a 7 h és de 50 dB.

D'aquesta forma complim la norma ja que ens trobem per sota en tot moment.

Zones de sensibilitat acústica i usos del sòl	Valors límit d'immissió en dB(A)		
	$L_d$ (7 h – 21 h)	$L_e$ (21 h – 23 h)	$L_n$ (23 h – 7 h)
<b>ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA ALTA (A)</b>			
(A1) Espais d'interès natural i altres	-	-	-
(A2) Predomini del sòl d'ús sanitari, docent i cultural	55	55	45
(A3) Habitatges situats al medi rural	57	57	47
(A4) Predomini del sòl d'ús residencial	60	60	50
<b>ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA MODERADA (B)</b>			
(B1) Coexistència de sòl d'ús residencial amb activitats i/o infraestructures de transport existents	65	65	55
(B2) Predomini del sòl d'ús terciari diferent a (C1)	65	65	55
(B3) Àrees urbanitzades existents afectades per sòl d'ús industrial	65	65	55
<b>ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA BAIXA (C)</b>			
(C1) Usos recreatius i d'espectacles	68	68	58
(C2) Predomini de sòl d'ús industrial	70	70	60
(C3) Àrees del territori afectades per sistemes generals d'infraestructures de transport o altres equipaments públics	-	-	-

Il·lustració 36. Ordenança soroll Generalitat. Font: MediAmbient Gencat [34]

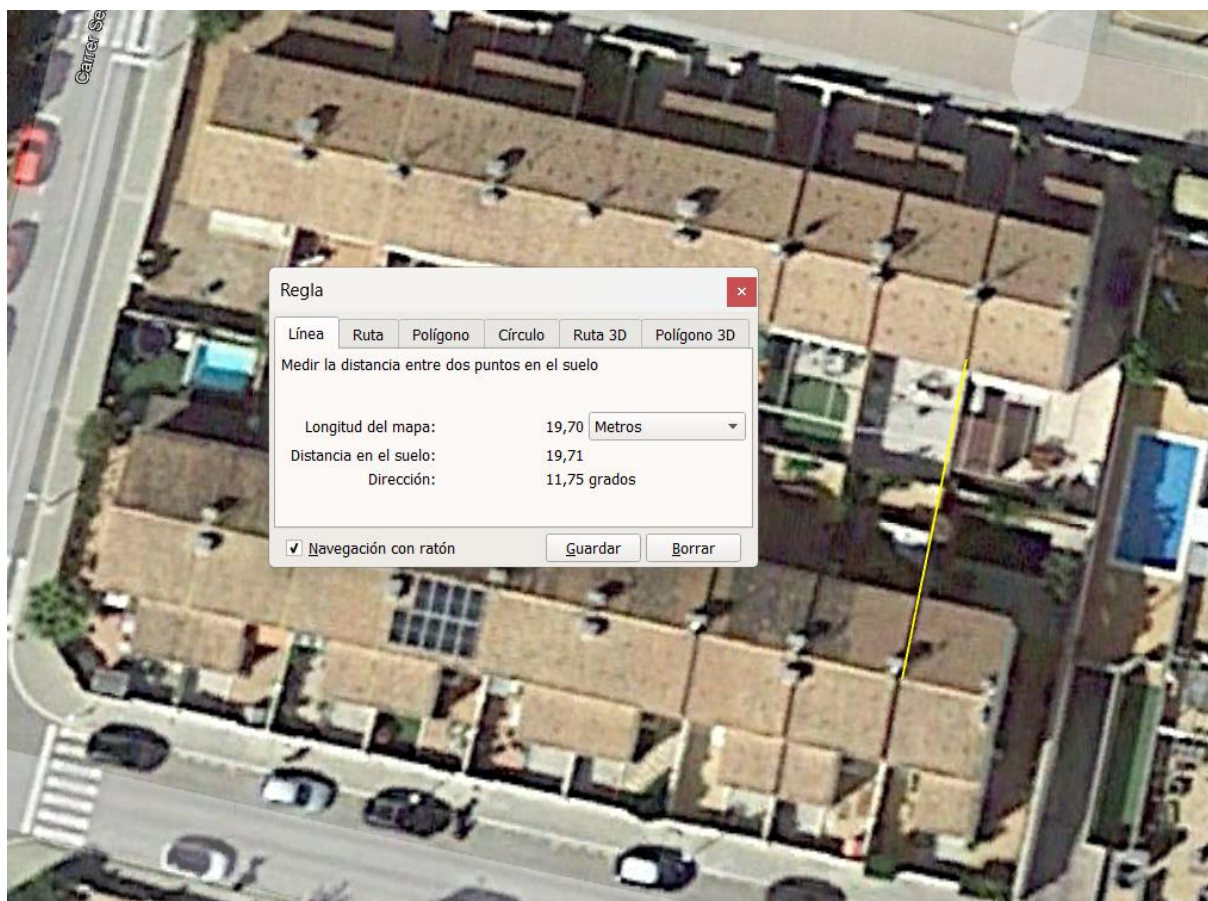
#### 2.4.3.2 Vent fort

Gràcies al fet que el generador eòlic també està pensat per treballar amb vent forts, el mateix incorpora sistemes de protecció per no fer-se malbé. Incorpora el "Dump Load", que mal traduït seria tirar la càrrega (sobrant). El dispositiu el qual a través de resistències realitza la funció de frenada aconseguint frenar suaument l'aerogenerador quan les velocitats són massa altes i dissipant aquesta energia de forma externa ja que sinó podria fer-lo malbé.

#### 2.4.3.3 "Mismatching" pels panells solars

S'ha de tenir en compte que edificis, arbres, pals de llum, xemeneies o antenes dels voltats podrien fer ombra als panells solars que hi ha instal·lats. Provocant que hi hagi el efecte "Mismatch" en la generació fotovoltaica i que aquesta baixi en picat.

Per sort, la nostra teulada es molt homogènia i no es produeix aquest efecte. També la distància entre el punt més alt de la teulada d'una comunitat fins al principi d'on comença la comunitat de la segona fila mirant cap al Nord és de 20 m. Suficient perquè una no provoqui ombra a l'altre tampoc.

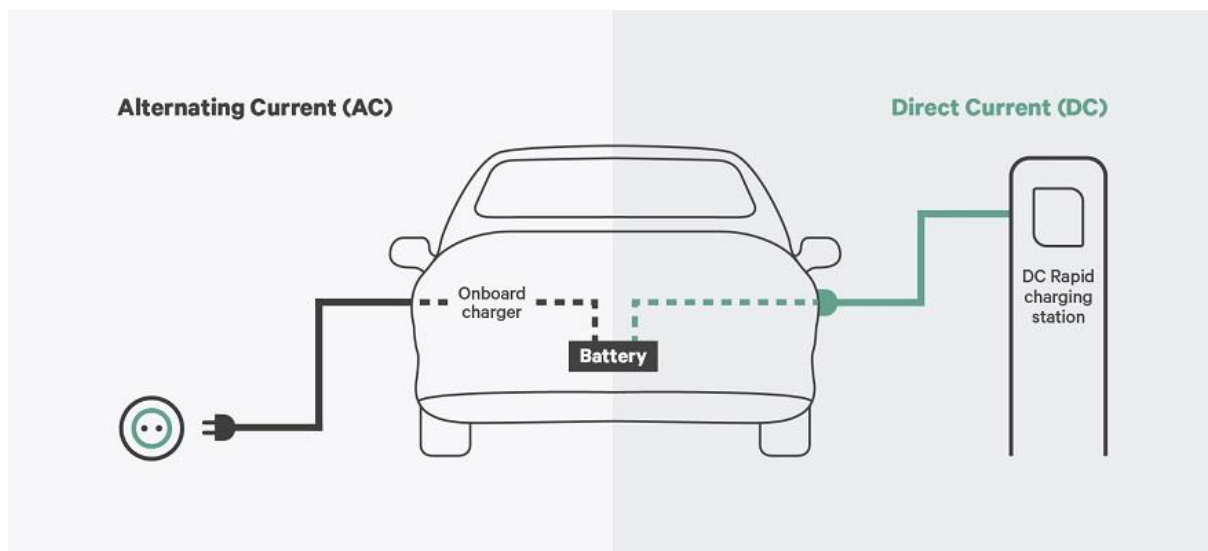


Il·lustració 37. Distància entre la fila frontal i la posterior comunitat. Font: Google Maps

## 2.5 Introducció al V2H aplicat a la comunitat

En l'actualitat, la transició cap a una economia més sostenible i l'augment de la consciència mediambiental han impulsat el desenvolupament de solucions innovadores per abordar els reptes relacionats amb l'energia i la mobilitat. En aquest context, el concepte de Vehicle-to-Home (V2H) ha aparegut com una estratègia prometedora per optimitzar l'ús de l'energia en les comunitats d'habitatges. Aquesta innovadora tecnologia permet aprofitar les bateries dels vehicles elèctrics com a fonts d'emmagatzematge d'energia, facilitant així la integració de fonts renovables i promocionant la gestió eficient del consum energètic en el context residencial.

El Vehicle-to-Home (V2H) és un concepte que fa referència a la capacitat d'un vehicle elèctric (VE) de connectar-se i transferir energia a una infraestructura domèstica o a una comunitat d'habitatges. Mitjançant un sistema de càrrega bidireccional, el V2H permet no només la càrrega del vehicle elèctric des de la xarxa elèctrica, sinó també la possibilitat de descarregar energia emmagatzemada a la bateria del vehicle cap a l'habitatge o a la xarxa en moments de demanda energètica elevada o d'interrupcions del subministrament.



Il·lustració 38. Càrrega vehicle elèctric en AC (esq.) i DC (dreta) Font: Wallbox [13]

Aquesta tecnologia posa de manifest els avantatges d'una infraestructura energètica interconnectada, on els vehicles elèctrics no només serveixen com a mitjà de transport sostenible, sinó que també es converteixen en una reserva d'energia distribuïda que pot contribuir a la gestió intel·ligent de l'energia en el si de la comunitat residencial.

En la comunitat d'habitatges energèticament independents, la implementació del V2H pot oferir múltiples beneficis. Primerament, permet l'aprofitament d'energia renovable generada localment, com ara l'energia solar o eòlica, mitjançant la càrrega dels vehicles durant els períodes en què la generació supera el consum. Aquests vehicles poden actuar com a magatzem energètic temporal, evitant així el desaprofitament d'energia i contribuint a la reducció de la dependència de fonts convencionals.

A més, el V2H pot donar suport a la gestió de la demanda energètica, ja que els vehicles poden descarregar l'energia emmagatzemada a les bateries cap als habitatges durant els períodes de pic de consum. Això ajuda a estabilitzar la demanda energètica de la comunitat, reduint l'augment de càrrega que poden estar exercint els diferents inversors i optimitzant l'ús dels recursos disponibles.

El V2H també pot jugar un paper important en la resiliència energètica de la comunitat. En cas d'interrupcions del subministrament, els vehicles elèctrics poden actuar com a fonts d'emergència d'energia per als habitatges, proporcionant electricitat per a càrregues essencials com ara il·luminació, refrigeració o calefacció. Això pot millorar la qualitat de vida dels residents durant situacions d'emergència i reduir totalment la dependència de generadors dièsel o altres fonts contaminants.

Cal tenir en compte que la implementació efectiva del V2H en una comunitat d'habitatges energèticament independents requereix l'adopció de tecnologies avançades, com ara sistemes de càrrega bidireccionals, infraestructures de xarxa intel·ligents i protocols de gestió de l'energia eficients. A més, és necessària una coordinació eficaç entre els residents, els operadors de la comunitat i els fabricants de vehicles elèctrics per que continuïn apostant per una millora tecnològica del vehicle com a subministrador d'energia.

El Vehicle-to-Home (V2H) representa una solució innovadora per a la gestió eficient de l'energia en la comunitat d'habitatges energèticament independents. Aquesta tecnologia permet aprofitar els vehicles elèctrics com a fonts d'emmagatzematge d'energia, integrar fonts renovables i optimitzar la gestió de la demanda. Amb el V2H, és possible aconseguir una major sostenibilitat, resiliència energètica i eficiència en el consum d'energia en el context residencial, contribuint així a un futur més verd i sostenible.

### 2.5.1 Llistat de vehicles disponibles

A continuació mostrem la següent taula on es poden veure tots els vehicles fins el 2023 disponibles per poder utilitzar la funcionalitat V2H o la càrrega bidireccional:

<b>Marca</b>	<b>Model</b>	<b>Bateries</b>
Nissan	Leaf	59 kWh
Nissan	e-NV200	40 kWh
Mitsubishi	Outlander	19.5 kWh
Mitsubishi	Eclipse Cross	19.5 kWh
Kia	EV6	64.8 kWh o 77.4 kWh
Kia	EV9	64.8 kWh o 77.4 kWh
Kia	Niro EV	64.8 kWh o 77.4 kWh
Hyundai	Ioniq 5	74 kWh
Ford	F-150	58 kWh o 77.4 kWh
Volkswagen	ID.4	77 kWh
Lucid	Air	113 kWh
Volvo	EX90	111 kWh
Genesis	GV60	74 kWh o 82.5 kWh
BYD	Atto 3	60.5 kWh
MG	ZS EV	50.3 kWh

Taula 9. Llistat de vehicles elèctrics amb V2H. Font: Fabricants dels vehicles

El disseny de la comunitat enèrgicament independent esta pensada perquè la inclusió del vehicle elèctric sigui clau, i per això, s'ha de saber quins vehicles es poden afegir i de quina forma s'ha de fer.

Com hem vist a la taula anterior, molt vehicles no poden utilitzar la funcionalitat V2H, això es degut majoritàriament a 2 qüestions:

1. No disposen de càrrega en DC: Molts dels vehicles en el mercat només disposen de càrrega en AC. Cosa que impossibilita actualment la funcionalitat bidireccional de l'energia. Per poder funcionar de forma bidireccional en AC s'haurien de fer canvis en el disseny dels seus inversors i no es rentable. En canvi, els vehicles que sí que tenen carregadors en DC, en cas de no tenir-ho implementat, només amb un petit canvi de software, podrien tenir la càrrega bidireccional.
2. No disposen de carregadors bidireccionals: La funció bidireccional ha de estar implementada també en el carregador extern al vehicle. Tal com hem comentat actualment només existeixen els carregadors en DC que permetin la càrrega bidireccional i en el mercat n'hi ha bastants pocs.

Cal destacar la gran capacitat que tenen les bateries dels vehicles elèctrics, tal com hem vist a la taula 9, on poden arribar a ser superiors a 100 kWh. Podríem dir que la mitjana de capacitat de bateries per vehicles que tindran implementada la capacitat bidireccional en el 2023 seria aproximadament de 70 kWh.

Amb aquestes dades, en la nostra comunitat, un parell de vehicles elèctrics amb una capacitat de 140 kWh serien pràcticament capaços de suportar tota la demanda d'energia d'un dia ja que és de només 134 kWh. Però el objectiu no és aquest, ja que el vehicle elèctric serà un suport, tal com hem explicat, a les demandes de la comunitat.

## 2.5.2 Llistat de carregadors disponibles

Encara que els carregadors bidireccionals no són tan comuns com els carregadors unidireccionals (que només permeten la càrrega del vehicle elèctric des de la xarxa), existeixen diversos fabricants i models que ofereixen aquesta funcionalitat avançada. Alguns dels fabricants de carregadors bidireccionals coneguts són:

**Nissan:** El fabricant japonès ofereix carregadors bidireccionals com a part del seu sistema de gestió d'energia Nissan Energy Share. Aquests carregadors permeten no només carregar el vehicle des de la xarxa, sinó també descarregar l'energia emmagatzemada a la bateria del vehicle cap a l'habitatge o la xarxa.

**Mitsubishi:** Mitsubishi ofereix una solució de càrrega bidireccional anomenada Dendo Drive House. Aquest sistema permet als propietaris de vehicles elèctrics utilitzar la seva bateria com a font d'emmagatzematge d'energia per a l'habitatge i també com a font d'energia de reserva en cas d'interrupcions del subministrament.

**Honda:** Honda ha desenvolupat el seu sistema de càrrega bidireccional anomenat Power Manager Concept. Aquest sistema permet als vehicles elèctrics connectar-se a la xarxa elèctrica de l'habitatge i descarregar l'energia emmagatzemada a la bateria cap a l'habitatge o utilitzar-la com a font d'energia de reserva.

Wallbox: Empresa espanyola líder en la fabricació i desenvolupament de solucions de càrrega de vehicle elèctric. Amb seu a Barcelona i fundada el 2015, Wallbox s'ha convertit en un referent en el mercat de la càrrega de vehicle elèctric, oferint productes d'alta qualitat i solucions innovadores per a la infraestructura de càrrega elèctrica.

L'empresa es dedica a dissenyar, desenvolupar i fabricar carregadors de vehicle elèctric avançats i intel·ligents que proporcionen solucions eficients i personalitzades per a les necessitats dels propietaris de vehicles elèctrics. Wallbox ofereix una àmplia gamma de productes, incloent carregadors domèstics, carregadors per a negocis i carregadors públics, adaptats a diferents entorns i aplicacions.



Il·lustració 39. WallBox Quasar-II Font: Wallbox [13]

Wallbox Quasar-II es una carregador bidireccional que permet la càrrega DC amb el connector CHAdeMO o el CCS. Estarà pròximament disponible en el 2023 i té una peculiaritat important que els demés no tenen. Permet treballar en mode "illa", que significa que pot treballar d'esclau d'un altre sistema màster o aïllat de la xarxa elèctrica comercial.

D'alguna forma el seu mode "illa" o seguidor de corrent, s'adaptarà en voltatge i fase a qui marqui la tensió en el mode aïllat i podrà entregar o consumir energia depenent de les necessitats o de la programació.

Altres fabricants: Companyies privades com Highbury DC amb el carregador bidireccional encara en desenvolupament o Enphase EV previst per 2024, han dissenyat els seus propis carregadors bidireccionals de càrrega en DC:

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H



Il·lustració 40. Diferents versions de carregadors bidireccionals. Font: Clean energy reviews [14]

## 2.6 Configuració energètica de la comunitat

La comunitat està constituïda en 18 habitatges en total on seran dividides en 3 blocs de 6 cases cada una. Cada bloc tindrà el seu número i cada casa el seu número també, per exemple:

- Casa36: Primer número referent al bloc i segon a la casa. En aquest cas bloc 3 número de casa 6.

Podem veure amb més detall la distribució de la comunitat en 3 blocs en la següent figura:



Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

- Coeficient de temperatura Voc: -0.25 %/°C

D'aquesta forma tenim que les especificacions per NOCT del fabricant són (veure Il·lustració 18):

- $V_{mpp} = 42.39 \text{ V}$
- $I_{mpp} = 10.91 \text{ A}$

On:

- $P_{mpp,20^\circ\text{C},800\text{W}/\text{m}^2} = 462.5 \text{ W}$

El càlcul de les hores pic (Peak hours), número d'hores al dia que hi ha una irradiància de  $800 \text{ W}/\text{m}^2$ , seran de tal forma:

$$\text{Peak hours} = 2975 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} \cdot \frac{1}{800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} = 3.718 \text{ h}$$

Llavors la energia:

$$E_{AC,20^\circ\text{C},800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} = P_{AC,20^\circ\text{C},800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \cdot 3.718 \text{ h} = 1719.57 \text{ Wh per module per day}$$

Si seleccionéssim 5 tindriem:

$$E_{AC,20^\circ\text{C},800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} = E_{AC,20^\circ\text{C},800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \cdot 5 = 8597.85 \text{ Wh per module per day}$$

Encara que sabem que el càlcul mitjà per habitatge és  $8.378 \text{ kWh}$  hem de tenir en compte totes les pèrdues de potència degudes a la brutícia, a l'inversor, "mismatch" i les degudes al deteriorament amb el temps. A més, com volem tenir una mica de superàvit al desembre instal·larem 6 plaques per habitatge.

Com seleccionem 6 plaques en total per tenir superàvit i contrarestar les pèrdues del sistema i el desgast amb el temps, l'energia generada per 6 plaques serà:

$$E_{\text{desembre}} = 10317.42 \text{ Wh}$$

Així que cada habitatge tindrà instal·lades 6 plaques amb aquestes característiques.

## 2.6.2 Selecció del inversor

La selecció del inversor més convenient per a la nostra comunitat no ha sigut tasca fàcil, ja que en el mercat tenim moltes varietats diferents no totes s'adapten a les nostres necessitats.

Les nostres necessitats són bàsicament que tenim 18 habitatges amb perfils diferents on cadascun genera la seva pròpia energia de fonts renovables i l'equip ha de estar preparat per treballar amb potències elevades.

La primera dificultat per superar ha sigut que l'inversor pugui treballar en mode tensió. On aquest sigui capaç de establir la tensió i fase sense necessitat d'una xarxa elèctrica que li marqui.

Després, quan es treballa a potències elevades, tots els inversors acostumen a ser trifàsics, així que trobar-ne un que sigui monofàsic no ha estat gens fàcil. El fet de fer servir un de trifàsic a la comunitat no ha estat possible. Tots els fabricants recalquen que les fases han de estar més o menys compensades sinó el inversor es pot malmetre i a la nostra comunitat això no sempre es produirà. Cada habitatge té un perfil diferent, i tenim moltes situacions diferents possibles a cada família, podríem tindre descompensacions extremadament altes que segur que farien malbé l'equip.

El vehicle elèctric és un altre aspecte molt important a l'hora de seleccionar-ne un. Ja que l'inversor ha d'estar preparat per poder admetre tant energia del vehicle per carregar les bateries, i proporcionar-li quan necessita carregar-se.

L'inversor seleccionat és el Voltronic Axpert MAX E Off-Grid Inverter, amb les característiques que es detallen a continuació:



Il·lustració 42. Voltronic Axpert MAX E Off-Grid Inverter. Font: Voltronic [15]

Aquest inversor té una potència nominal d'11 kW i té la capacitat de poder instal·lar fins a 6 equips en paral·lel per augmentar la potència total generada.

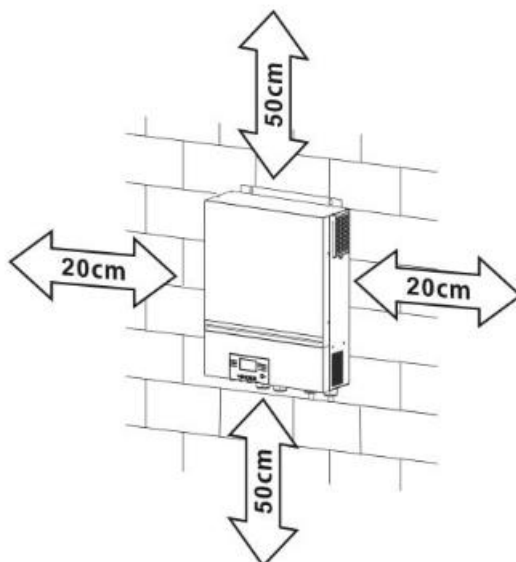
MODEL	Axpert MAX E-11000
Rated Power	11000VA/11000W
Parallel Capability	YES, 6 units

Taula 10. Model i característiques inversor. Font: Voltronic [15]

En el nostre cas per a cada bloc, 3 blocs en total com hem explicat, hi hauran 3 inversors en paral·lel. De tal forma que la potència total serà de 33 kW distribuïts per un bloc, o sigui 6 cases en total.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

També al permetre connectar-los en paral·lel, és que es configura un d'ells com a principal que serà el màster que s'encarregarà de treballar en mode de tensió i els altres seran seguidors d'aquest en mode de corrent.



Il·lustració 43. Marges de seguretat de l'inversor. Font: Voltronic [15]

Serà important respectar els marges entre els diferents inversors encara que estiguin connectats en paral·lel, majoritàriament per la ventilació.

El voltatge de les sortides serà de 230 V rms en alterna. On el punt de sobrecàrrega elèctrica pot arribar fins al 22 kVA de màxim per unitat. El rendiment del inversor està estimat al 93 %.

OUTPUT	
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC $\pm$ 5%
Surge Power	22000VA
Efficiency (Peak)	93%

Taula 11. Característiques de sortida de l'inversor. Font: Voltronic [15]

El fabricant especifica com han de ser les seccions dels cables tant de les entrades com de les sortides en AC. En aquest cas en recomana de 6 AWG (en americà) que equivalen a 13.3 mm<sup>2</sup> en el sistema internacional.

Model	Gauge	Torque Value
11KW	6 AWG	1.4~ 1.6Nm

Taula 12. Característiques del cable per sortida o entrada AC. Font: Voltronic [15]

L'equip disposa de dues sortides en AC, programables cada una de elles, i una entrada en AC que generalment està pensada per a un generador elèctric, i que nosaltres només tindrem com a mode d'emergència ja que no està previst utilitzar-la.

Un dels punts més importants és la bateria, que és l'element bàsic per a una instal·lació elèctrica aïllada. En el cas d'aquest inversor, està pensat per a bateries de 48 V.

BATTERY	
Battery Voltage	48 VDC
Floating Charge Voltage	54 VDC
Overcharge Protection	63 VDC

Taula 13. Característiques de la bateria. Font: Voltronic [15]

L'equip està pensat per treballar amb bateries de liti, tal com explicarem més endavant, i permet la comunicació amb la BMS (Battery Management System) de les bateries per a una gestió eficient.

En el cas d'una bateria amb capacitat de 250 Ah, el fabricant recomana un cable de 85 mm<sup>2</sup>. La bateria seleccionada la veurem més endavant.

Model	Typical Amperage	Battery capacity	Wire Size	Cable mm <sup>2</sup>	Ring Terminal Dimensions		Torque value
					D (mm)	L (mm)	
11KW	228A	250AH	1*3/0AWG	85	8.4	54	5 Nm

Taula 14. Característiques de la bateria. Font: Voltronic [15]

A major potència, amb més inversors en paral·lel, el fabricant fa una recomanació de les diferents capacitats de bateries:

### Recommended battery capacity

Inverter parallel numbers	2	3	4	5	6
Battery Capacity	200AH	400AH	400AH	600AH	600AH

Taula 15. Recomanació bateries. Font: Voltronic [15]

Al apartat anterior hem decidit que la instal·lació fotovoltaica de cada habitatge seria de 6 plaques de 615 W de la marca Jinko Solar (veure apartat 2.3.1). Aquestes plaques tenen les següents característiques STC:

- Voc = 55.40 V
- Isc = 14.18 A

La nostra distribució per a cada habitatge ha de complir amb les següents característiques del inversor:

SOLAR CHARGER & AC CHARGER	
Solar Charger Type	MPPT
Maximum PV Array Power	11000W
MPPT Range @ Operating Voltage	90 ~ 450 VDC
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	500 VDC
Maximum Solar Charge Current	150A
Maximum AC Charge Current	150A
Maximum Charge Current	150A

Taula 16. Característiques Solars inversor. Font: Voltronic [15]

La distribució de les plaques serà les sis plaques connectades en sèrie, tenint com a sortida els següents valors:

- $V_{oc} = 332.4 \text{ V}$
- $I_{sc} = 14.18 \text{ A}$

Podem comprovar que el Open-circuit Voltatge ( $V_{oc}$ ) es superior al mínim marcat pel fabricant (com a MPPT Range a 90 V) per a que funcioni correctament el seguiment del punt de màxima potència (MPPT) i també superior al voltatge "d'arrencada" establert com a  $V_{oc} = 80 \text{ V}$ .

El corrent màxim acceptat de 150 A està molt per sobre del corrent de curtcircuit màxim del les nostres cadenes (strings) fotovoltaïques que és de 14.18 A.

Conductor cross-section (mm <sup>2</sup> )	AWG no.
4~6	10~12

Taula 17. Característiques fabricant, cablejat panells. Font: Voltronic [15]

El fabricant ens recomana una sèrie de seccions de cables, variables depenent de la intensitat, i de les nostres línies de FV. Variant des de 4 mm<sup>2</sup> fins a 6 mm<sup>2</sup>

<b>Start-up Voltage (Voc)</b>	80Vdc
-------------------------------	-------

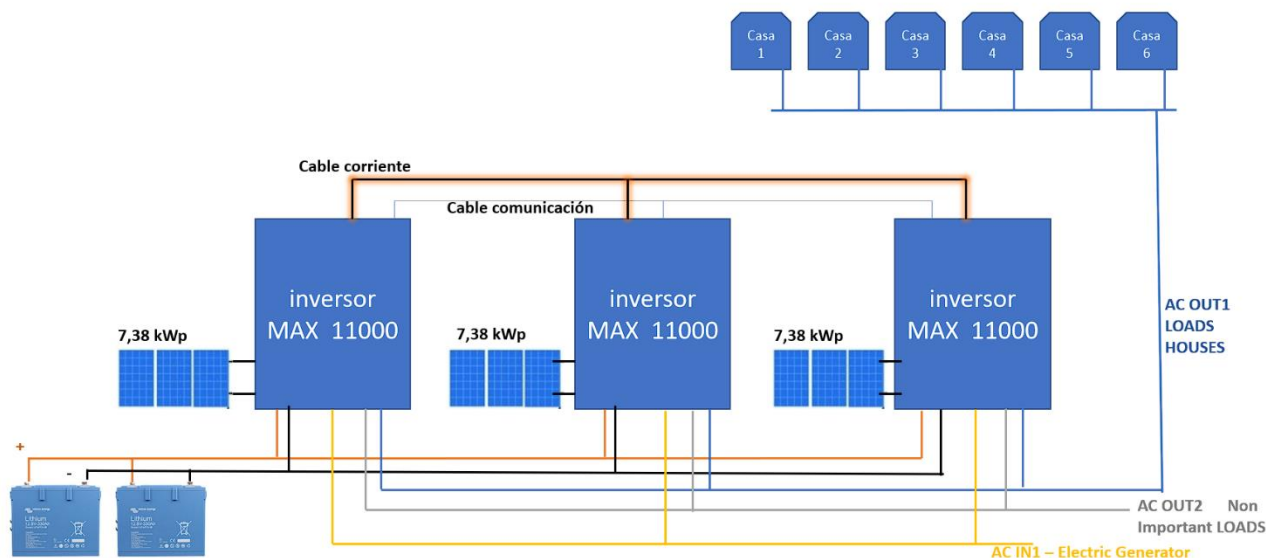
Taula 18. Voltatge d'arrencada càrrega inversors. Font: Voltronic [15]

### 2.6.3 Disseny amb l'inversor

Sense haver profunditzat en el nostre disseny, que s'anirà complicant molt més cada cop que hi anem introduint més variables tal com veurem als següents apartats, farem una primera aproximació al disseny d'un bloc de la comunitat.

Primerament, recordem que hem escollit l'inversor Voltronic Axpert MAX de 11 kW, que estarà connectat en paral·lel amb uns altres dos Voltronic Axpert MAX 11 kW, fent en total una agrupació de 3 inversors en paral·lel. Un dels inversors serà el màster (mode tensió) i els altres dos seran els esclaus (mode corrent).

Aquests inversors estan connectats entre ells, tal com explica el fabricant, amb uns cables de comunicació i de "corrent".



Il·lustració 44. Primera aproximació al nostre disseny de la comunitat (un sol bloc)

Cada inversor té dues línies fotovoltaiques, amb independència de control MPPT entre ells, que aprofitarem per connectar cada un d'elles a una casa diferent. Fent un total de 6 cases que justament són el número de cases que tenim per bloc.

Com es pot veure a la il·lustració anterior, està marcat que els kW de pic de la instal·lació són 7.38. Però aquesta seria la potència de pic de la instal·lació sumant les contribucions de les dues línies. La potència nominal de pic és de 3.69 kW per a cada casa.

Aquests inversors disposen de 2 sortides en AC. S'utilitzarà la primera per a totes les connexions a través de l'embarrat de distribució a les diferents cases. L'altra sortida es podria utilitzar per a càrregues no importants o càrregues compartides de la comunitat de veïns.

Segons el fabricant les bateries de liti, presents a la figura anterior, es connecten en paral·lel a tots els inversors, respectant la mateixa longitud de cables entre elles. Al final per fer-ho més senzill i incorporar tots les mesures de seguretat, s'instal·larà una caixa de combinació "combiner box" pròpia del fabricant. Tots els detalls d'aquest sistema i les bateries estaran definides en l'apartat 2.6.7.

L'inversor també disposa d'una entrada de corrent altern, que majoritàriament està pensada per a casos d'emergència. Com per exemple la instal·lació d'un generador elèctric que pugui proporcionar energia elèctrica quan sigui necessari. Aquesta opció no està contemplada en el nostre disseny, ja que la inclusió del vehicle elèctric fa del sistema un sistema més robust i fiable on les grans capacitats d'aquestes bateries del vehicles fan un emmagatzemament extra.

Per acabar d'analitzar la il·lustració 44, podem apreciar les sis cases que hi ha connectades a un bloc, de forma esquemàtica, ja que la connexió entre les cases i el sistema d'inversors es fa a través d'un embarrat, com el d'una comunitat de pisos, amb totes les proteccions necessàries i comptadors.

#### 2.6.4 Aplicació de la normativa en la comunitat

La nostra comunitat al estar desconnectada de la xarxa comercial està exempta de la normativa de connexió a la xarxa, on s'han de complir les normatives establertes per l'empresa distribuïdora d'electricitat.

Les normatives que s'han de seguir són les normatives urbanístiques del poble i complir la normativa tècnica i de seguretat a través del reglament de baixa tensió en sistemes desconnectats de la xarxa comercial.

Per fer això seguirem el REBT (reglament electrotècnic de baixa tensió) per fer el càlcul de carregues de la nostra comunitat.

El REBT ens marca, com si fóssim una comunitat de habitatges, el número d'habitatges per poder fer el càlcul del coeficient de simultaneïtat:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	$15,3+(n-21) \cdot 0,5$

Taula 19. Coeficient simultaneïtat REBT. Font: Ministeri Industria [16]

En la nostra comunitat, de 18 habitatges, tindríem un coeficient de 13.7.

Aplicant la fórmula del REBT:

$$P_{\text{habitatges}} = \frac{\text{Coeficient} \cdot n^{\circ} \text{ habitatges} \cdot \text{Pot. habitatges}}{n^{\circ} \text{ total habitatges}} = \text{Coeficient} \cdot \text{Pot. habitatges}$$

$$P_{\text{habitatges}} = 13.7 \cdot 5.75 \text{ kW} = 78.78 \text{ kW}$$

La potència instal·lada als habitatges és de 5.75 kW tenint en compte el contracte original que ja té cada un d'ells.

En el cas de habitatges amb vehicles elèctrics la potència instal·lada es podrà augmentar fins a 11.5 kW en monofàsic, amb un ICP de 50 A. Ja que d'aquesta forma la càrrega podrà ser més ràpida, sempre aprofitant tots els excedents de la nostra generació renovable.

La normativa ens indica que pel fet d'instal·lar un SPL (Sistema de protecció de la línia general d'alimentació) en la nostra instal·lació elèctrica, que seria com un ICP intel·ligent, el factor de simultaneïtat en el càlcul de la nostra instal·lació seria de únicament 0.3 en el cas de places d'aparcament o garatges. Però nosaltres estem en un habitatge unifamiliar dintre d'una comunitat d'habitatges, així que no es tindrà en compte aquest factor i, tal com diu la normativa, es considerarà un habitatge amb electrificació elevada.

Actualment no és obligatòria la instal·lació de un SPL, però en una comunitat on poden haver-hi diferents vehicles elèctrics sempre és molt recomanable, ja que quan ens passem de la potència instal·lada no talla la llum a tota la instal·lació, sinó que ell mateix decideix quines cargues desactiva.

Podem fer un càlcul del coeficient de simultaneïtat màxim sense tenir en compte el SPL ja que el dimensionat de la instal·lació d'un habitatge amb electrificació elevada haurà de ser d'acord amb la potència seleccionada.

Coef. De simultaneïtat: 150 W bàsics + 150 W televisió + 50 W llums + 700 W bomba d'aigua + 2500 W forn + 1100 W microones + 550 W piscina + 100 W rentaplats + 150 W rentadora = 5400 W en total.

$$\text{Coef. simultaneïtat} = 5400 \text{ W} \cdot 1 = 5.4 \text{ kW}$$

A part de complir amb les normes del REBT, s'ha d'instal·lar una protecció contra sobretensions ja que ningun habitatge de la comunitat en té, i a part de ser econòmic i fàcil d'instal·lar ens pot evitar molts problemes en el futur.

Com a conclusió tenim els 78.78 kW total calculats amb el coeficient del reglament REBT on si el dividim pels 18 habitatges tenim una mitjana de 4.38 kW per casa de consum màxim amb la consideració total de la comunitat.

D'alguna forma amb les instal·lacions actuals de 5.75 kW podem concloure que estan dimensionades molt per sobre del que marca la normativa

$$5.75 \text{ kW} > 4.38 \text{ kW}$$

### 2.6.5 Selecció de l'aerogenerador

Tal com hem vist al apartat 2.4.2 Selecció de la tecnologia eòlica el nostre moli de vent per la comunitat serà el EcoSolar Aero de 48 V amb una potència nominal d'1 kW:



Il·lustració 45 Generador EcoSolar 1000 48V. Font: DamiaSolar [12]

Però l'elecció no ha estat fàcil, tal com ja hem comentat la elecció s'ha fet tenint en compte el perfil de vent de la comunitat que hem analitzat a l'apartat 2.4.1 Estudi vent zona costera Garraf.

Una de les opcions fortes que s'han considerat és la de fer servir aerogeneradors de la coneguda marca Bornay, però en aquest cas els models són massa grans per a la nostra comunitat.



Il·lustració 46. Aerogenerador Bornay Wind 13+. Font: Bornay [17]

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Com podem veure en les següents característiques del Bornay Wind 13+, la entrada és trifàsica com el nostre aerogenerador EcoSolar escollit, però les potències són molt més elevades i també necessita de vent més forts per fer-lo funcionar. Una opció poc interessant per una zona amb brises baixes constants.

Entrada Aerogenerador	
Tipo de entrada	Trifásica CA
Conectores	MC4
Rango de voltaje operativo	80 - 480 Vac
Voltaje máximo admisible	510 Vac
Potencia máxima	3000 W (Wind 13+) / 6000 W (Wind 25+)
Resistencia de frenado	5000 W (Wind 13+) / 10000 W (Wind 25+)
Protección de entrada	Varistores
Salida	
Corriente	CC
Conectores	2 x M10
Voltaje de salida	12 / 24 / 48 Vdc
Protección	Salida protegida con un fusible de 125 Amp.

Il·lustració 47. Característiques Bornay Wind 13+. Font: Bornay [17]

A part, el cost d'un aerogenerador Bornay és superior als 5000 €, ja que està pensat per a usos molt més professionals. En canvi, el EcoSolar costa sobre els 1400 €. El cost i les característiques han fet que l'EcoSolar sigui el escollit.

### 2.6.6 Càlcul generació eòlica

Per fer els càlculs de la generació eòlica en la nostra comunitat hem utilitzat el perfil de generació vs vent subministrat pel fabricant tal com podem veure en la Il·lustració 35 Generació vs velocitat de vent EcoSolar.

Sobretot s'ha considerat que al tenir 18 habitatges en tota la comunitat, i que totes tindran una instal·lació fotovoltaica idèntica, també la tindran en el cas de generació eòlica. Així que tindrem en total 18 generadors solars EcoSolar, un per habitatge.

Considerem que el vent mitjà és (tal com hem vist al apartat 2.4.1 Estudi vent zona costera Garraf):

- Desembre: vent mitjà de 2.8 m/s a 50 metres d'altura
- Juny: vent mitjà de 2.4 m/s a 50 metres d'altura

Sabem que el cada aerogenerador produirà aproximadament 250 Wh de mitjana amb un vent mitjà de 2.8 m/s:

$$\text{Producció eòlica desembre mitjana} = 250 \text{ W} \cdot 24 \text{ hores} = 6 \text{ kWh}$$

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Aquest és el valor d'un sol aerogenerador, com que en un bloc en tenim 6 obtindrem una energia diària total de 36 kWh, i en tota la comunitat per dia un total de 108 kWh.

En canvi, al juny la generació eòlica disminueix i per això es considera que produirà cada aerogenerador de mitjana uns 166 W a la hora amb el vent mitjà de 2.4 m/s:

$$\text{Producció eòlica juny mitjana} = 167 \text{ W} \cdot 24 \text{ hores} = 4 \text{ kWh}$$

Amb aquesta producció energètica diària per habitatge, a cada bloc es produirà una energia de 24 kWh al dia, i en tota la comunitat 72 kWh diaris.

### 2.6.7 Selecció de la bateria

La selecció de bateries tampoc no ha estat una tasca fàcil, ja que primer vam voler explorar la utilització en segona vida de bateries de vehicles elèctrics una vegada ja no compleixin les especificacions per ser utilitzades en els vehicles.

Per això vam trobar l'empresa Beebattery, on recicla bateries de vehicle elèctric i les preparaven per l'ús domèstic o industrial:



Il·lustració 48. BeeBattery home. Font: Beebattery [18]

Com es pot veure n'hi ha de 3 capacitats diferents on indica que són de vehicle elèctric en una segona vida. Els cicles de treball indica a partir de 2200 cicles amb un 90 % de DOD i una potència nominal de 4 kW o 5 kW.

La raó perquè no s'han escollit és primerament que la tensió de treball no és l'adequada pel nostre sistema, que està preparat per a bateries de 48 V. Aquestes funcionen de 72 V a 100 V i la tensió nominal és de 90 V.

També el cost elevat d'aquestes bateries junt amb el baix perfil de cicles de la bateria fa que el preu/cicle sigui molt elevat.

	4kWh	8kWh	12kWh	
<b>BATERÍA</b>	<b>Tipo de batería</b>		EV Second Life	
	<b>Química</b>		LMO	
	<b>Número de módulos</b>	12 módulos	24 módulos	36 módulos
	<b>Capacidad nominal (Wh)</b>	4000 Wh	8000 Wh	12000 Wh
	<b>Capacidad nominal (Ah)</b>	45 Ah	90 Ah	135 Ah
	<b>Potencia nominal</b>	4000 W	5000W	5000W
	<b>Tensión nominal</b>	90 V		
	<b>Tensión de trabajo</b>	72 V - 100 V		
	<b>Corriente máxima</b>	50 A		
	<b>Profundidad de descarga (DoD)</b>	90 %		
	<b>Número de ciclos estimado (90% DoD, 25°C)</b>	> 2200 ciclos		

Taula 20. BeeBattery home característiques. Font: Beebattery [18]

La tecnologia utilitzada per aquesta bateria és LMO (Lithium Manganese Oxide). És una tecnologia utilitzada en bateries de liti, que són una opció popular per a l'emmagatzematge d'energia en diversos dispositius electrònics i aplicacions:

- Elevada densitat energètica: Les bateries LMO tenen una alta densitat energètica, el que significa que poden emmagatzemar una gran quantitat d'energia en un volum reduït.
- Estabilitat i seguretat: Les bateries LMO tenen una bona estabilitat i seguretat, amb un baix risc d'incendi o explosió.
- Vida útil: Les bateries LMO tenen una vida útil relativament llarga, amb una degradació més lenta comparada amb altres tecnologies de bateries de liti

Tot i aquestes avantatges, les bateries LMO també tenen algunes limitacions. Entre elles es troben una capacitat d'emmagatzematge d'energia inferior a altres tecnologies de bateries de liti, una menor tolerància a altes temperatures i una menor eficiència en cicles de càrrega i descàrrega intensos.

Al final la bateria seleccionada ha sigut de la marca BYD, l'empresa xinesa de vehicles elèctrics, emergent a Europa, on també es dedica a fer bateries elèctriques per als seus vehicles i per a usos domèstics i industrials.

Principalment podríem dividir en dos tipus les bateries que BYD ofereix en el mercat:

1. HVM (High Voltage Modular) o HVS: Les bateries HVM de BYD són dissenyades per a aplicacions de vehicles elèctrics i emmagatzematge d'energia. Utilitzen una arquitectura modular amb mòduls de bateries que es poden connectar en sèrie o en paral·lel per aconseguir la capacitat i el voltatge desitjats. Tenen una alta densitat d'energia i poden oferir un rendiment potent per a vehicles elèctrics, amb un rang ampli i una acceleració eficient.

Les bateries HVM de BYD també són adequades per a aplicacions d'emmagatzematge d'energia a gran escala, com ara sistemes de bateries per a edificis o projectes de xarxa elèctrica.

2. LVS (Lithium Iron Phosphate Battery System): Les bateries LVS de BYD estan basades en la tecnologia de fosfat de ferro liti (LFP), que és coneguda per la seva seguretat i estabilitat. Les bateries LVS ofereixen una vida útil llarga, amb una menor degradació durant cicles de càrrega i descàrrega. Són resistents a altes temperatures i tenen un millor rendiment en condicions climàtiques extremes.

Les bateries LVS de BYD són àmpliament utilitzades en aplicacions d'emmagatzematge d'energia, com ara sistemes solars fotovoltaics, emmagatzematge d'energia a la xarxa elèctrica i sistemes de back-up.



Il·lustració 49. BYD battery LVS. Font: BYD [19]

L'opció d'aquesta comunitat serà la BYD LVS ja que el seu voltatge nominal és de 48 V, a diferència de les opcions HVM o HVS que tenen un voltatge operatiu de 120 V a 480 V, totalment incompatible amb els inversors seleccionats.

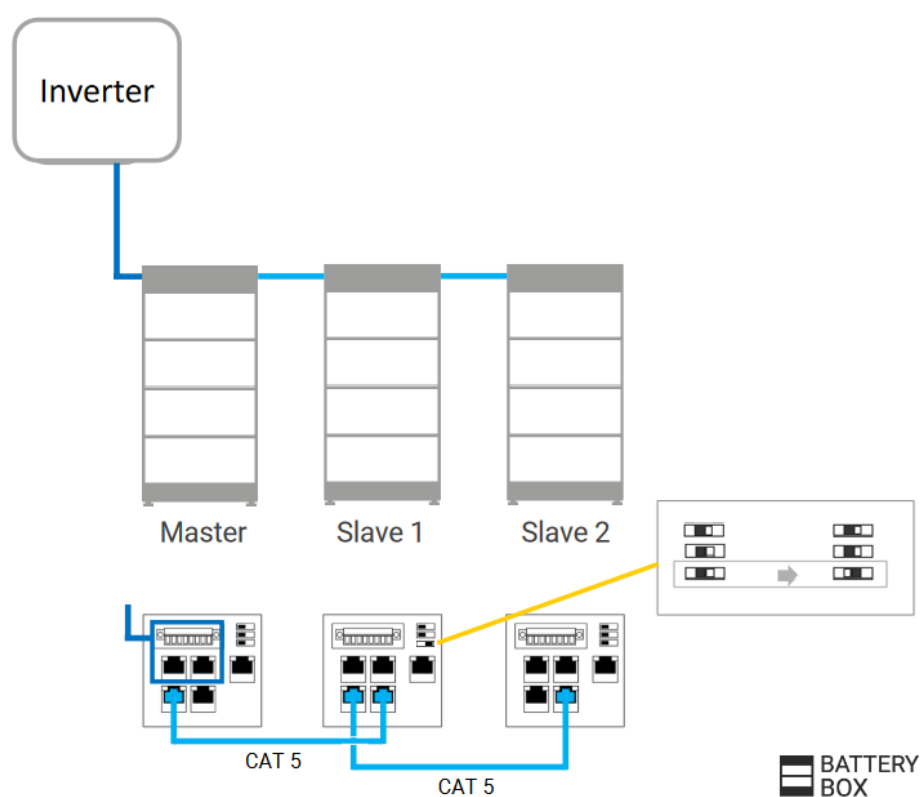
Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

El detall més important d'aquestes bateries és que la seva estructura consta de tres parts: la base, els mòduls i la BCU o unitat de control.

Aquesta unitat de control és el centre de control i la base de la bateria ja que supervisa i protegeix contra sobrecarregues, sobre-descarregues, curt-circuits i altres situacions anormals. I fa que augmenti la seguretat i la fiabilitat del sistema.

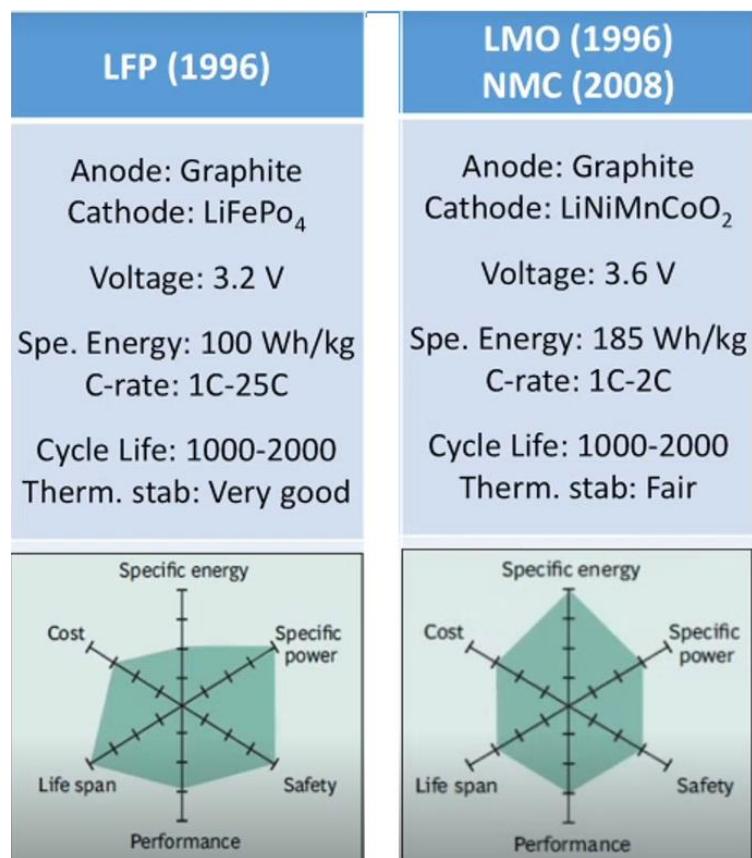
És interessant la tecnologia innovadora que porta ja que els mòduls no tenen cap mena de cables interns i es connecten entre ells a partir d'uns connectors adaptats per una fàcil connexió.

El fet que incorpori una BCU o unitat de control en cada bloc de bateries fa que al connectar-les en paral·lel es pugui seleccionar un bloc de bateries màster i la resta en mode esclau, d'aquesta forma hi haurà només un BCU que s'encarregarà de governar als altres.



Il·lustració 50. Connexió en paral·lel BYD LVS. Font: BYD [19]

També cal entrar en detall amb la tecnologia LFP que incorporen aquestes bateries:



Il·lustració 51. Comparativa LFP vs LMO. Font: Apunts ESC [20]

Podem destacar que en l'únic punt que són relativament pitjor les LFP en comparació amb les LMO és en la densitat d'energia que tenen (100 Wh/kg vs 185 Wh/kg). Però són relativament millors en totes les altres característiques, sobretot en "Safety". Ja que en un vehicle elèctric o en qualsevol aplicació, com la d'emmagatzemament en una comunitat d'habitatges, la seguretat sempre s'ha de tenir com a prioritat. I les LFP són bastant més segures, sobretot tèrmicament, respecte les LMO.

Per això, la bateria escollida en el nostre projecte és la BYD LVS de 12 kWh, en concret, seran 3 blocs de 12 kWh posats en paral·lel, donant una capacitat màxima de 36 kWh. El detall i característiques del perquè de la tria de 3 mòduls amb una capacitat total de 36 kWh es veurà amb més detall a l'apartat 2.8 amb el estudi de la viabilitat energètica de la comunitat.

Podem veure en la imatge següent les característiques de la bateria seleccionada:

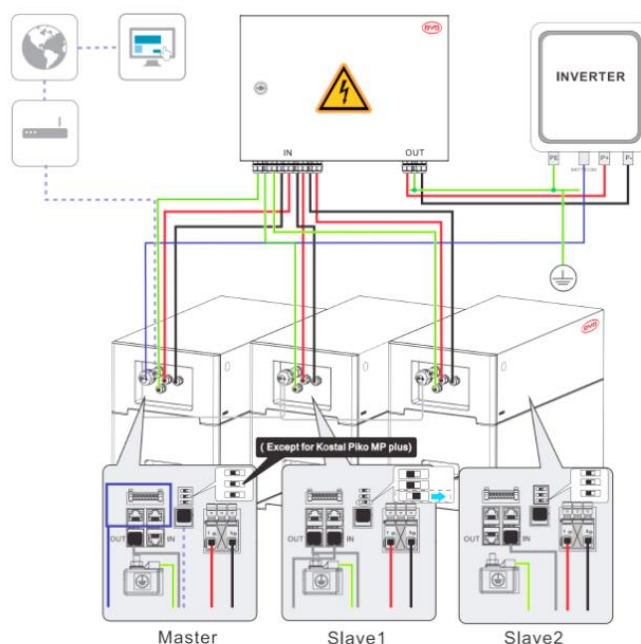
Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

	LVS 4.0	LVS 8.0	LVS 12.0	LVS 16.0	LVS 20.0	LVS 24.0
Módulo			LVS (4 kWh, 51.2 V, 45 kg)			
Número de módulos	1	2	3	4	5	6
Energía Utilizable [1]	4 kWh	8 kWh	12 kWh	16 kWh	20 kWh	24 kWh
Máx. Corriente de Salida [2]	65 A	130 A	195 A	250 A	250 A	250 A
Corriente de salida pico [2]	90 A, 5 s	180 A, 5 s	270 A, 5 s	360 A, 5 s	360 A, 5 s	360 A, 5 s
Dimensiones (H/W/D)	528 x 650 x 298 mm	761 x 650 x 298 mm	994 x 650 x 298 mm	1227 x 650 x 298 mm	1460 x 650 x 298 mm	1693 x 650 x 298 mm
Peso	64 kg	109 kg	154 kg	199 kg	244 kg	289 kg
Voltaje Nominal	51.2 V					
Voltaje Operativo	40-57.6 V					
Temperatura Operativa	-10 °C to +50°C					
Tecnología de Celda	Litio Fosfato de Hierro (libre de Cobalto)					
Comunicación	CAN / RS485					
Protección IP	IP55					
Eficiencia Ida/Vuelta	≥95%					
Escalabilidad [3]	Máx. 64 en paralelo (256 kWh)				configuración una torre	

Taula 21. Característiques bateria BYD LVS. Font: BYD [19]

Amb la bateria seleccionada del proveïdor BYD, també incorpora una caixa que la denomina "Combiner Box", que vol dir caixa de combinació, que nosaltres aprofitarem per incorporar al nostre projecte.

La raó perquè ho fem és per què en treballar amb aquests sistemes i en sistemes tan complexos fa falta una caixa on s'organitzin totes les connexions de les diferents bateries, les connexions de l'inversor i també les connexions dels generadors eòlics. A més a més, s'incorporen totes les proteccions necessàries com els "Breakers" (interruptors automàtics) de DC de 48 V 150 A pels inversors i els fusibles de 230 A o els "Breakers" de la càrrega eòlica de 48 V 25 A.



Il·lustració 52. "Combiner Box" de BYD. Font: BYD [35]

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

No ens hem d'oblidar de les normes d'emmagatzemament de les bateries de liti, que són al final una combinació de les instruccions del reglament de mercaderies perilloses, i l'ordenança de materials perillosos i el reglament tècnic per a materials perillosos.

Aquestes normatives ens estableixen que les bateries han de estar en una zona amb restricció d'accés, ventilació i prohibició d'emmagatzemament combinat. Que s'han de complir amb totes les especificacions dels fabricants i les fulles de dades tècniques, que han de tenir proteccions contra curtcircuits externs com interns.

També en cap moment no poden estar exposades a fonts de calor de forma directa i ha de haver una separació de almenys 2.5 m amb altres elements inflamables.

Les bateries de liti que estiguin malmeses o estiguin defectuoses s'han de retirar immediatament de les zones de producció i emmagatzemar-se a una distància segura o una zona amb protecció contra incendis.

Tots aquests detalls es poden llegir dintre de la normativa VdS 3103 (2019-06) Lithium-battery.

### 2.6.8 Selecció del carregador V2H

El carregador seleccionat per a la nostra comunitat no és únicament un de sol ja que necessitem carregadors de dos models diferents en funció del tipus de vehicles dels veïns per optimitzar costos. Els diferents veïns poden tenir vehicles elèctrics que puguin fer funcionar la funció bidireccional de flux d'energia (tal com hem vist a l'apartat 2.5.1 Llistat de vehicles disponibles) o vehicles que només es necessitin carregar ja que no tenen aquesta opció d'entregar potència (que inclouria tota la resta de vehicles que no hem comentat en l'apartat 2.5.1)



Il·lustració 53. Carregador Wallbox Quasar-II. Font: Wallbox [13]

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Per a vehicles que sí tinguin l'opció bidireccional, tenim el carregador bidireccional de la empresa Wallbox, de nom Quasar-II. Tal com hem presentat a l'apartat 2.5.2 Llistat de carregadors disponibles és un carregador encara en desenvolupament però té totes les característiques necessàries perquè sigui l'opció adient per al nostre disseny:

- Bidireccional
- Opció "mode illa"
- Opció CCS o CHAdeMO

En canvi, per la càrrega dels vehicles que no tenen aquesta opció bidireccional, la mateixa empresa Wallbox ofereix el carregador Plus. Un model molt més senzill, econòmic i compacte:



Il·lustració 54. Wallbox Plus intel·ligent. Font: Wallbox [13]

L'elecció de dos carregadors diferents depenent dels casos és exclusivament per a nivell de costos i de no tenir funcionalitats que no es poden utilitzar, a la vegada que simplifiquem el disseny de la nostra comunitat al instal·lar també carregadors senzills.

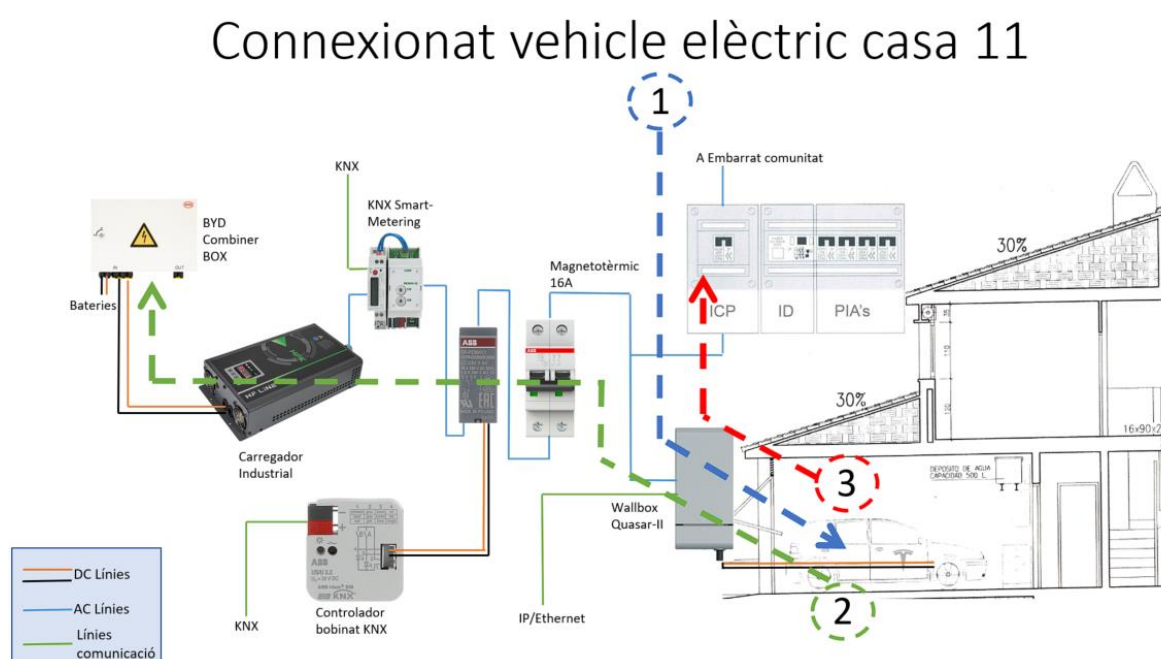
La connexió del carregador bidireccional és molt més complexa que no pas la del carregador unidireccional tal com veurem amb més detall en el següent punt.

## 2.6.9 Connexions vehicle elèctric

A la il·lustració 55 es presenta l'esquema elèctric de les diferents línies que tenim en el nostre habitatge de forma individual.

Primerament tenim línies (fines) en AC (blaves, es sobre-entén que inclou fase i neutre), línies en DC (taronges i negres) i, per acabar, línies de comunicació (verd) que poden incloure tant comunicació amb el protocol KNX, que és un estàndard de comunicació per edificis intel·ligents, o comunicacions IP/Ethernet.

A l'apartat 2.7 Presentació del sistema "HEMS", s'explicarà amb molt més detall el funcionament del habitatge amb la comunicació KNX per convertir el sistema d'estàndard a intel·ligent.



Il·lustració 55. Connexions i fluxos d'energia per cas del carregador bidireccional

En l'anterior il·lustració es pot apreciar l'esquema en el cas que l'habitatge necessiti un carregador bidireccional de vehicle elèctric. Però en el cas de un carregador sense opció bidireccional (carregador senzill) serà diferent. Com només es necessitarà carregar, s'instal·larà un PIA directe i sense cap sistema intel·ligent KNX o de comptador ni carregador industrial.

Podem veure el quadre general del habitatge, com hem explicat a l'apartat 2.6.4 Aplicació de la normativa en la comunitat, on el ICP del habitatge serà de major potència en el cas bidireccional, 11.5 kW, per suportar sobretot la càrrega superior que se li pot entregar al vehicle.

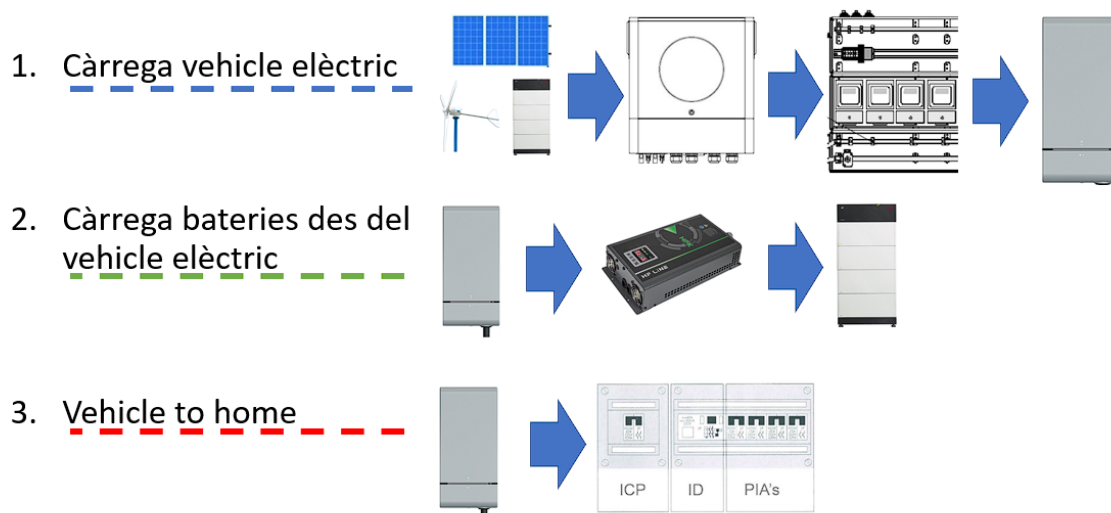
Un punt important a destacar, i que hauria fet molt més senzill el disseny, és que s'ha hagut de complicar el sistema perquè la sortida AC de l'inversor no és bidireccional. Si ho hagués sigut seria tant senzill com deixar connectat el vehicle directament a la línia de AC per poder entregar potència a l'inversor i que aquest pogués carregar les bateries de la comunitat.

Com no és bidireccional l'inversor, s'ha considerat instal·lar un magnetotèrmic (que només està de protecció) en una línia exclusiva per carregar les bateries, tal com podem veure en la línia 2 verda. Per controlar aquest flux d'energia i decidir si està activat o no, ho fa el controlador del bobinat KNX, que exclusivament el que fa quan se li ordena és, activar o desactivar la bobina que està connectada en la línia del flux verd.

Com que el que volem és, que el sistema sigui un sistema intel·ligent de gestió de la nostra comunitat, el sistema KNX és controlat per l'ordinador central intel·ligent i que decideix activar o desactivar la càrrega de bateries en cas necessari, a través d'aquest bobinat.

Per entendre amb més detall el funcionament podem veure el següent esquema amb els fluxos d'energia:

## Fluxos energia habitatge amb V2H



Il·lustració 56. Fluxos energia sistema V2H & V2B (Vehicle a bateria)

En el primer cas de la il·lustració 56, de color blau, tindriem el flux que s'utilitzaria per carregar les bateries, on l'energia generada pels aerogeneradors, els panells fotovoltaics, o l'emmagatzemada a les bateries de la comunitat en cas necessari, passarien a través del nostre inversor, per sortir cap al embarrat de la comunitat en AC (Es pot veure amb molt més detall en el següent apartat) i finalment al nostre carregador bidireccional (o el carregador simple de només càrrega) per carregar les bateries del nostre cotxe.

En el segon cas, ja només possible amb la opció del carregador bidireccional (Quasar-II) ja que ha de ser el vehicle qui a través del carregador bidireccional i a través del carregador industrial (es pot veure amb més detall a la següent il·lustració) carregui les bateries. D'aquesta forma l'energia es converteix en AC en el carregador bidireccional, i tornaria a convertir-se a DC per acabar a les bateries de la comunitat a través del "Combiner Box" que hem comentat.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Aquest cas, serveix per carregar les bateries de la comunitat de forma excepcional en dies de molt baixa producció renovable, a diferència del tercer cas, a continuació, que si permet subministrar energia al nostre habitatge.

L'últim cas, el tercer, també és exclusiu per opcions de vehicles amb bidireccionalitat, ja que parlem de la característica V2H, on el vehicle mitjançant el carregador bidireccional alimentaria exclusivament el nostre habitatge.

L'equip que permet fer possible la càrrega de les bateries de la comunitat és el BlackBull carregador industrial, que està dissenyat per utilitzar amb bateries de liti a través de corbes totalment regulades



Il·lustració 57. BlackBull carregador industrial. Font: Bateriasindusolar [21]

Per a voltatges de 48 V tenim molts models. Hem triat el model HFK 48/60, el carregador monofàsic amb més potència de la llista.

48V	91-136	185-222	<b>HFZD 48/20</b>	1X230	363X75X190	5
	137-203	277-332	<b>HFZD 48/30</b>	1X230	363X75X190	5
	208-308	420-504	<b>HFK 48/50</b>	1X230	410X88X224	9
	249-370	504-604	<b>HFK 48/60</b>	1X230	410X88X224	9
	332-493	673-806	<b>HFT 48/80</b>	3X400	521X114X271	12
	415-616	841-1007	<b>HFT 48/100</b>	3X400	521X114X271	12
	498-739	1009-1209	<b>HFT 48/120</b>	3X400	521X114X271	12
	582-863	1177-1410	<b>HFTD 48/140</b>	3X400	535X258X406	27
	665-986	1345-1612	<b>HFTD 48/160</b>	3X400	535X258X406	27
	748-1109	1513-1813	<b>HFTD 48/180</b>	3X400	535X258X406	27
	831-1232	1682-2015	<b>HFTD 48/200</b>	3X400	535X258X406	27

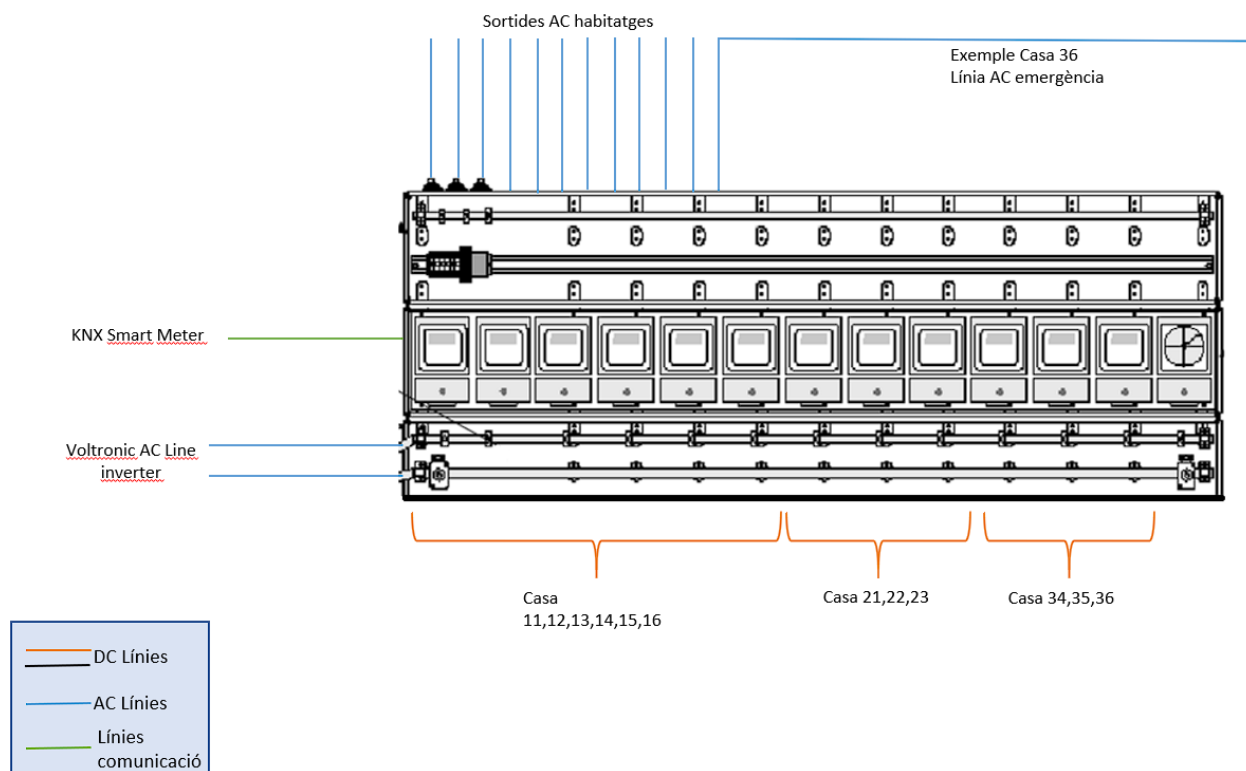
Taula 22. Característiques BlackBull carregadors. Font: Bateriasindusolar [21]

Per acabar, cal recordar que la sortida del carregador industrial BlackBull és en DC i està connectada directament a la "Combiner Box" de BYD ja que aquesta, amb les seves proteccions, està connectada a les bateries de BYD de 48 V i permet la seva càrrega de forma segura.

## 2.6.10 Connexions en l'embarrat de distribució

Per continuar amb l'explicació del nostre disseny de la comunitat d'habitatges passarem a explicar un element essencial de distribució, mesura i protecció que és l'embarrat de distribució d'un bloc de 6 habitatges.

Aquest embarrat es troba localitzat entre les sortides de AC del inversors que tenim en paral·lel i les entrades de tots el quadres elèctrics de cada un del habitatges del nostre bloc.



Il·lustració 58. Embarrat distribució d'un bloc de 6

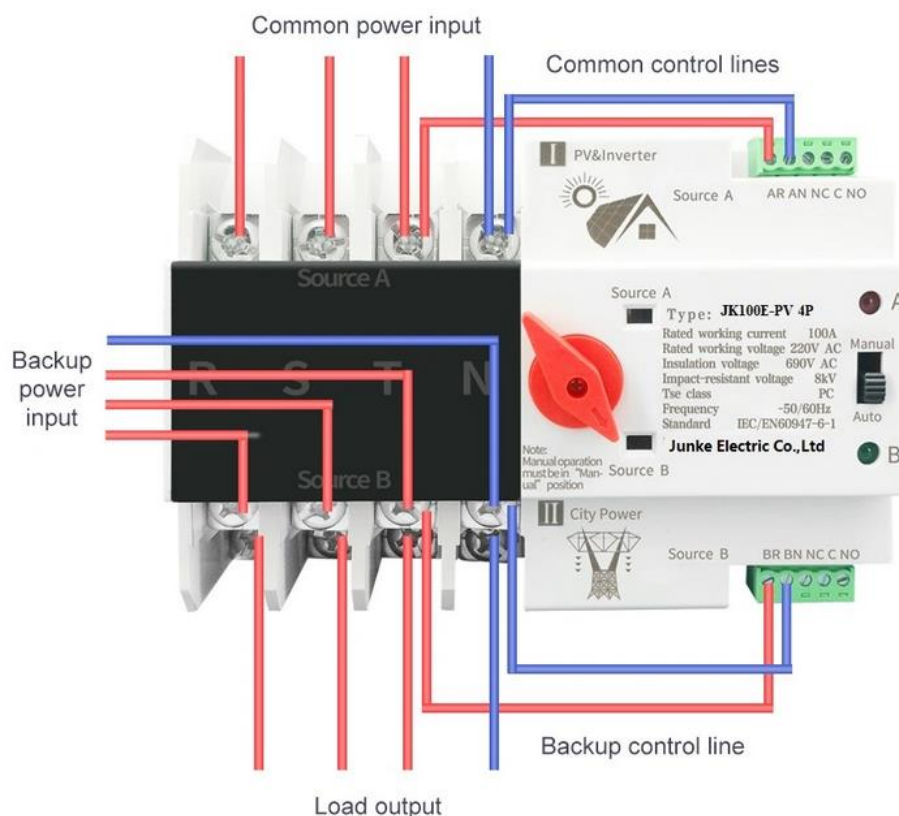
És important destacar, i molt important en el disseny d'aquesta comunitat, el fet de que a cada embarrat no només tenim els 6 habitatges del bloc corresponent (en aquest cas està dibuixat pel bloc 1. A més de tenir els habitatges del bloc 1, habitatges del 1 al 6, també tenim dibuixats en el mateix embarrat del bloc 1 els habitatges del 1 al 3 del bloc 2 i els habitatges del 4 al 6 del bloc 3.

Això està fet així expressament ja que en cas d'emergència o de manteniment dels sistemes del bloc 2 o del bloc 3, els habitatges prèviament descrits es podrien connectar als embarrats dels blocs contigus. En aquest cas l'habitatge del 1 al 3 del bloc 2 és contigu al bloc 1 i l'habitatge del 4 al 6 del bloc 3 és contigu al bloc 1.

Succeeix exactament el mateix en l'embarrat del bloc 2 i el del bloc 3, on els habitatges contigus del bloc 1, 2 o 3 depenent del embarrat es podrien connectar en cas de emergència o manteniment.

### 2.6.11 Interconnexions d'emergència

Gràcies al component ATS (Automatic Transfer Switch) de Junke electric Co. Podem realitzar aquesta transferència automàtica entre el bloc principal o el bloc contigu en cas de emergència o manteniment que acabem de comentar:



Il·lustració 59. ATS de Junke electric Co. Font: Aliexpress [22]

Per poder entendre el component només hem de veure que té dos entrades d'alimentació (però en monofàsic). Una que seria l'alimentació principal del nostre bloc principal i la secundària, vindria del bloc d'emergència, que sempre es el bloc contigu a l'actual.

D'aquesta forma en l'entrada principal tenim l'entrada AC provinent dels nostres inversors en AC i en la d'emergència la dels inversors provinents del bloc contigu (òbviament a través del embarrat corresponent)

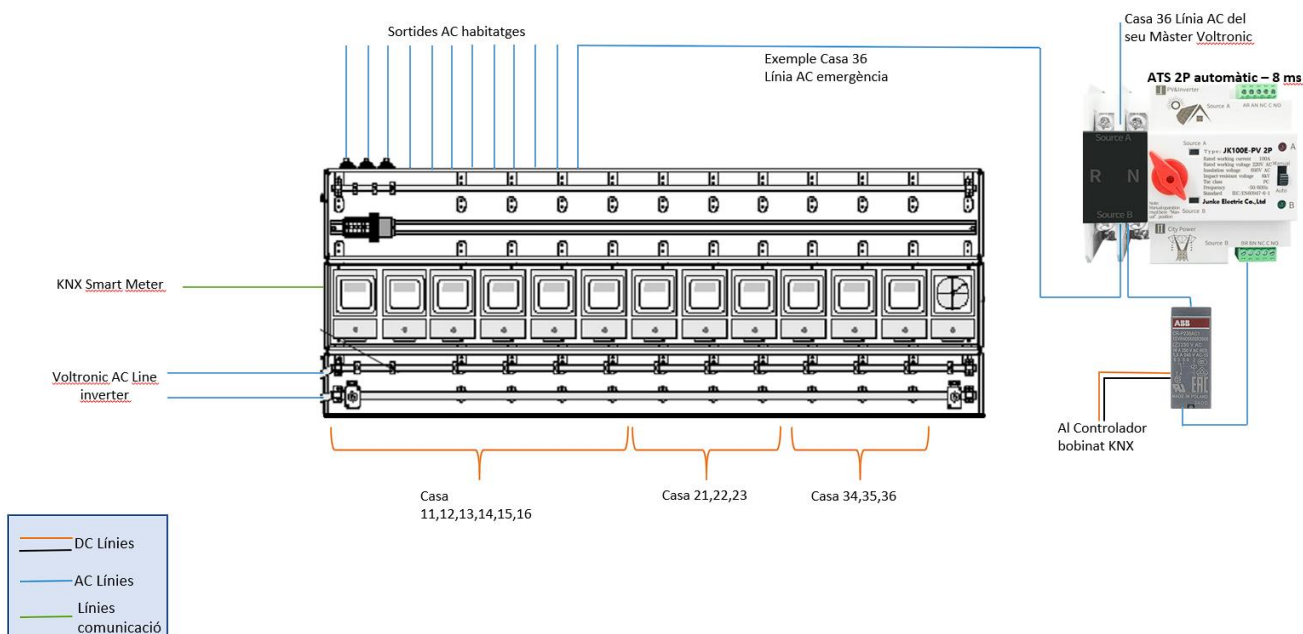
Per posar un exemple, per l'habitatge 11, l'entrada principal d'alimentació és la del bloc 1 òbviament, i l'alimentació d'emergència prové del bloc 3, que en el seu cas és el bloc contigu.

Per recordar la distribució dels blocs i habitatges en la comunitat anar a 2.6 Disseny de la comunitat.

Per acabar d'entendre el funcionament d'aquest component hem d'entendre que tenim un "common control lines" i un "backup control lines", les funcions dels quals són mesurar el voltatge que tenim en les dos entrades per saber si ha de fer el salt d'una a l'altra quan falla la principal.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

En la següent il·lustració tenim l'embarrat del bloc 1, que s'acaba d'explicar, però amb l'exemple de l'habitatge 36, que correspon al bloc 3, però que l'alimentació backup la té en l'embarrat del bloc 1, que és el contigu. Per això el seu "backup line" està connectat al embarrat del bloc 1, en canvi el seu "common line" prové del bloc 3.



Il·lustració 60. Embarrat bloc 1 amb exemple connexió emergència habitatge 36

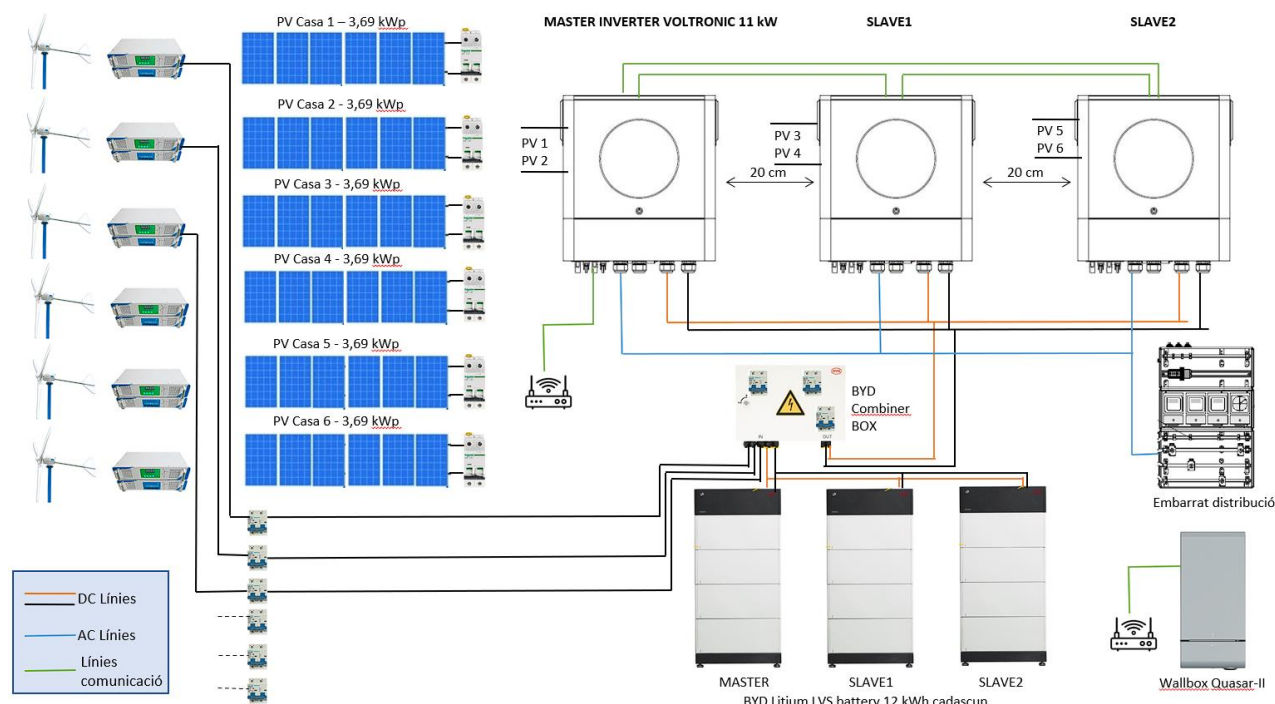
Com hem explicat, l'habitatge 36 disposa d'un ATS connectat al seu bloc corresponent, el 3, amb la "backup line" al bloc 1. El kit de la qüestió es gestiona-ho de forma intel·ligent, i per això se li ha introduït un controlador de bobinat intel·ligent amb el sistema KNX que obrirà o tancarà el circuit depenent si volem que faci el salt al "backup line".

Per que al final, aquests ATS, tal com hem comentat, decideixen sí han de fer el salt de la principal a la d'emergència depenent de les "control lines" que tenen de forma automàtica i a nosaltres el que ens interessa és fer-ho de forma intel·ligent amb el nostre sistema KNX. Per això intercalem en la bobina controlada per KNX la lectura de la tensió en la línia d'emergència ja que quan només el sistema cregui convenient s'activaran (tancant el circuit) i d'aquesta forma el ATS farà el salt de la principal a la d'emergència, i no abans.

## 2.6.12 Presentació final del disseny

Finalment, després de veure cada subpart amb el detall necessari, podem presentar el disseny final de la comunitat per un bloc.

Cal destacar, que els tres blocs d'aquesta comunitat són idèntics i les diferències que hi ha entre elles són bàsicament, el perfil de consum que s'ha creat individualment per a cada habitatge, i el fet de que depenent del bloc on estem, tenim unes connexions en el embarrat diferents als demés depenent dels habitatges que contigus connectats a l'embarrat del bloc actual.



Il·lustració 61. Disseny final d'un bloc de la comunitat

Tal com hem explicat, tenim representat en la il·lustració 61 tots els components necessaris d'un bloc: els sis aerogeneradors; les 6 cadenes de mòduls fotovoltaics, una per cada habitatge; les tres bateries de BYD connectades en paral·lel amb la seva "Combiner Box" amb totes les connexions internes i proteccions; els tres inversors i l'embarrat de distribució. També es pot apreciar el carregador del vehicle elèctric, que tant pot ser bidireccional com unidireccional, depenent de les necessitats del propietari. Però un o l'altre, sempre hi haurà comunicació amb el sistema intel·ligent de KNX.

Com podem veure, al "Combiner Box" tenim centralitzat tots els components i proteccions que es connecten en DC 48 V. Ja siguin dels reguladors que tenim en els diferents aerogeneradors, com el carregador industrial que prové de l'entrega de potència del vehicle elèctric per a carregar les bateries.

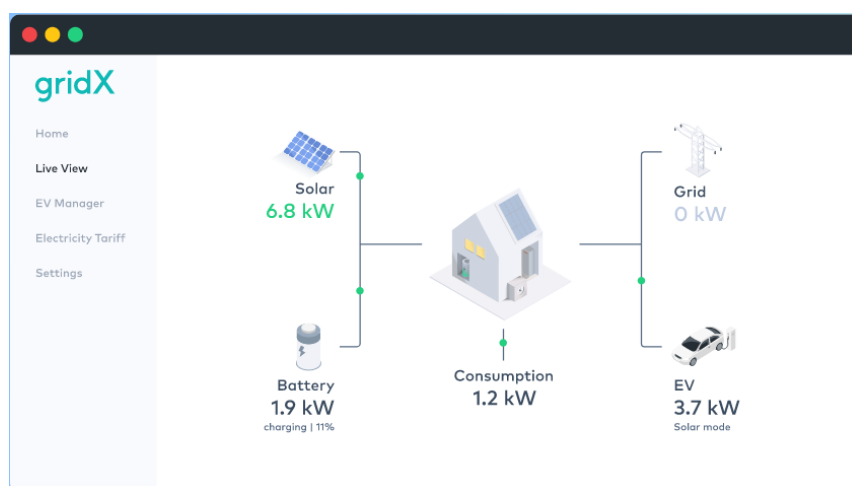
En la il·lustració anterior, l'únic que queda pendent de dibuixar és la línia de comunicació que hi ha entre la BCU de les bateries de liti de BYD cap al inversor principal i les línies en DC provinents del vehicle elèctric per carregar les bateries (Controlat per el sistema intel·ligent KNX)

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

A destacar, la gran importància de totes les comunicacions que s'han vist fins ara i les que podem veure en el disseny final. Tots els equips es mantenen connectats entre ells o amb el control intel·ligent KNX. Tant es veu en la il·lustració anterior la connexió IP/Ethernet del inversor màster de Voltronic i el carregador bidireccional de Wallbox.

## 2.7 Presentació del sistema "HEMS"

El sistema HEMS (Home Energy Management System) és un sistema de gestió energètica dissenyat per optimitzar el consum i la generació d'energia al domicili. En una comunitat d'habitatges energèticament independents, cada habitatge està equipat amb el sistema HEMS, el que permet un control i seguiment eficient de l'energia utilitzada i generada en cada unitat residencial.



Il·lustració 62. Exemple sistema HEMS gridX en un habitatge. Font: gridx [23]

L'objectiu principal del sistema HEMS en la comunitat d'habitatges energèticament independents és maximitzar l'eficiència energètica i l'autosuficiència de cada llar. Pels següents avantatges s'ha implementat un sistema HEMS:

- Gestió optimitzada de l'energia: El sistema HEMS permet monitoritzar i gestionar el consum d'energia en temps real. Això significa que els usuaris poden tenir una visió clara de com s'està utilitzant l'energia en els seus habitatges i prendre mesures per optimitzar el seu consum. A més, el sistema es pot programar per automatitzar certes tasques energètiques, com ara carregar bateries a través dels carregadors bidireccionals o canviar la font d'energia d'un habitatge.
- Supervisió de les fonts d'energia renovable: Un sistema HEMS facilita la integració de fonts d'energia renovable, com ara panells solars o aerogeneradors, en el sistema energètic de cada habitatge. Això permet als

residents generar la seva pròpia energia neta i reduir la seva dependència amb el sistema. El sistema HEMS controla la producció i l'emmagatzematge de l'energia renovable, assegurant un equilibri òptim entre la generació i el consum.

- Estalvi de costos: En optimitzar el consum d'energia i aprofitar les fonts renovables, un sistema HEMS pot ajudar a reduir els costos energètics dels residents. La generació i correcta distribució d'energia pròpia i l'eficiència energètica a l'habitatge fan que la dependència de la xarxa elèctrica sigui nul·la i, en alguns casos, fins i tot permetre la venda de l'excedent d'energia generada a través dels vehicles elèctrics que es poden connectar a la xarxa elèctrica fora de la comunitat.
- Reducció de l'empremta de carboni: En maximitzar l'ús de fonts d'energia renovable i reduir la dependència dels combustibles fòssils, el sistema HEMS en la comunitat d'habitatges enèrgicament independents contribueix a la reducció de les emissions de carboni. Això ajuda a lluitar contra el canvi climàtic i promou un estil de vida més sostenible.

### **2.7.1 La tecnologia KNX en la nostra comunitat**

La tecnologia KNX és un estàndard internacional per a sistemes de control i gestió de l'automatització en l'edificació. En el context del sistema HEMS, la tecnologia KNX pot ser utilitzada per proporcionar una integració completa i eficient de diversos dispositius i sistemes relacionats amb la gestió energètica d'un habitatge.

La tecnologia KNX proporciona una plataforma robusta i flexible per a la comunicació i el control d'equips i sistemes relacionats amb la gestió energètica en un habitatge. Mitjançant el sistema KNX, diferents dispositius com ara sensors, actuadors, controladors, panells d'interfície i altres components electrònics poden ser interconnectats i controlats de manera coherent.

En el context del HEMS, la tecnologia KNX permet integrar diversos sistemes i dispositius que contribueixen a l'eficiència energètica i la gestió de l'energia al domicili. A més a més permet un control centralitzat i sobretot té una gran versatilitat en la programació i automatització. La tecnologia KNX permet la programació i automatització flexibles de diferents escenaris energètics a l'habitatge. Es poden establir programes horaris, crear respostes automàtiques en funció de les condicions de generació o consum o depenent de les preferències de l'usuari, i configurar seqüències d'acció per optimitzar l'ús de l'energia.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

## 2.7.2 Equipaments KNX utilitzats en la comunitat d'habitatges

Començarem l'explicació del sistema HEMS de la comunitat d'habitatges amb l'equip més important de tots, el Gira X1, que és l'ordinador central on gestiona i es configura tota la informació dels diferents equips i sensors.



Il·lustració 63. Gira X1: Font: Gira [24]

Seguidament, podem veure el Gira S1, que el seu propòsit principal és mantenir la seguretat contra accessos no desitjats al nostre sistema KNX de la comunitat d'habitatges. A través del accés segur amb encriptació mantindrà la seguretat de les connexions en remot.



Il·lustració 64. Gira S1. Font: Gira [24]

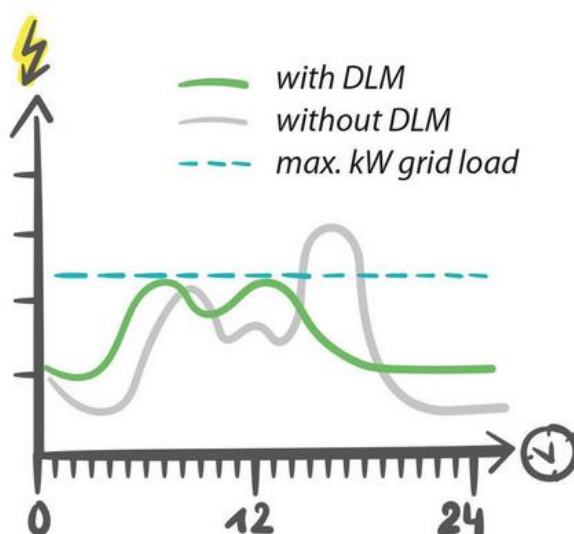
Ja que el sistema HEMS de la nostra comunitat pot gestionar tots els inversors, carregadors i com el sistema ha de treballar, no ens podem permetre un accés no desitjat que podria causar una falla fatal en el sistema.

Seguidament tenim el e-charge II de ISE amb tecnologia KNX. Que s'ocuparà de la comunicació entre el carregador, sigui el model bidireccional o només de càrrega, i el ordinador central Gira X1.



Il·lustració 65. ISE e-charge II KNX. Font: ISE [25]

La característica principal d'aquest equip es que té un algoritme intern nombrat DLM (Dynamic Load Management) que depenent de les carregues o consums que tinguis en la teva xarxa local s'encarregarà de gestionar l'energia per alimentar el màxim de càrregues possible sense excedir el màxim admissible.



Il·lustració 66. DLM de e-charge II. Font: ISE [25]

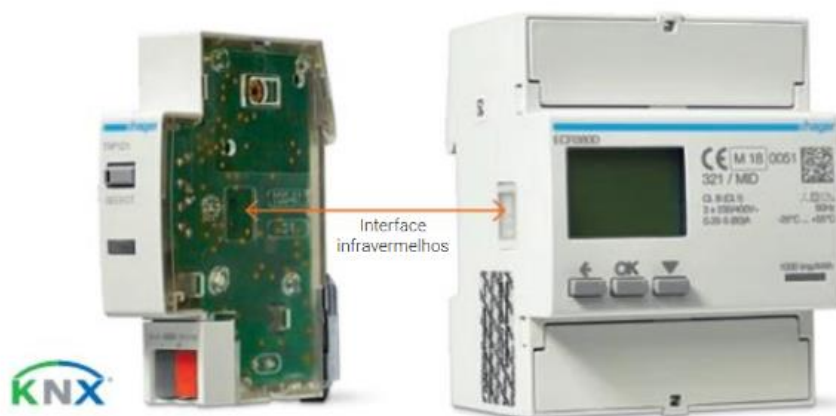
Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

A través del següent dispositiu, podrem fer la connexió al protocol KNX dels equips (els inversors) que es comuniquen a través de IP/Ethernet. El nostre inversor Voltronic disposa només d'una sortida Ethernet i amb aquest equip, el podrem gestionar i visualitzar el seu funcionament a través de la consola central del nostre Gira X1.



Il·lustració 67. Zennio IP Router CL. Font: Zennio [26]

A continuació podem veure el comptador monofàsic de Hager amb la seva interfície de KNX que ens proporcionarà una visualització del que està passant en cada habitatge de la comunitat. Un altre cop amb tota la informació centralitzada en el nostre control Gira X1.

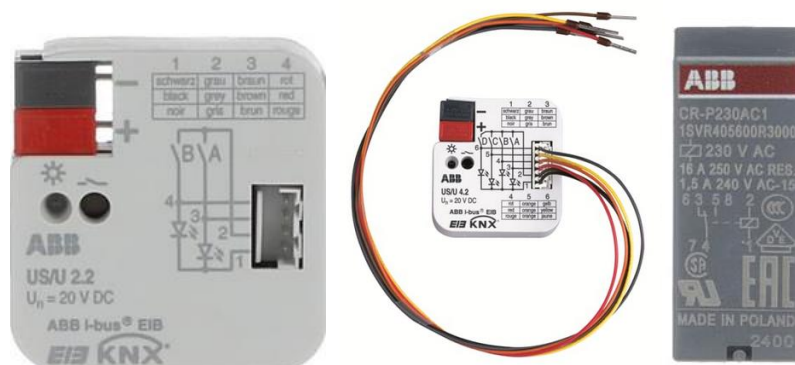


Il·lustració 68. Comptador Hager KNX. Font: Hager [27]

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Per acabar trobem el controlador de relés o bobines a través de KNX. Aquest equip serà molt necessari per controlar l'activació i desactivació de línies de AC.

Com hem pogut veure en 2.6.9 Connexions vehicle elèctric i en 2.6.11 Interconnexions d'emergència és un element que està present en el nostre disseny. Primerament per controlar si volem activar la càrrega de les bateries a través del vehicle elèctric i en segon lloc, per controlar si s'ha de fer el salt a la línia d'emergència AC del bloc contigu en cas de necessitat o tall d'energia.



Il·lustració 69. Controlador multifunció ABB. Font: ABB [28]

En la il·lustració 69 es poden veure tres equips, el primer seria el controlador multifunció amb dos entrades per controlar, el segon és idèntic però amb 4 entrades. I l'últim és el relé que utilitzarem per obrir o tancar les nostres línies de AC.

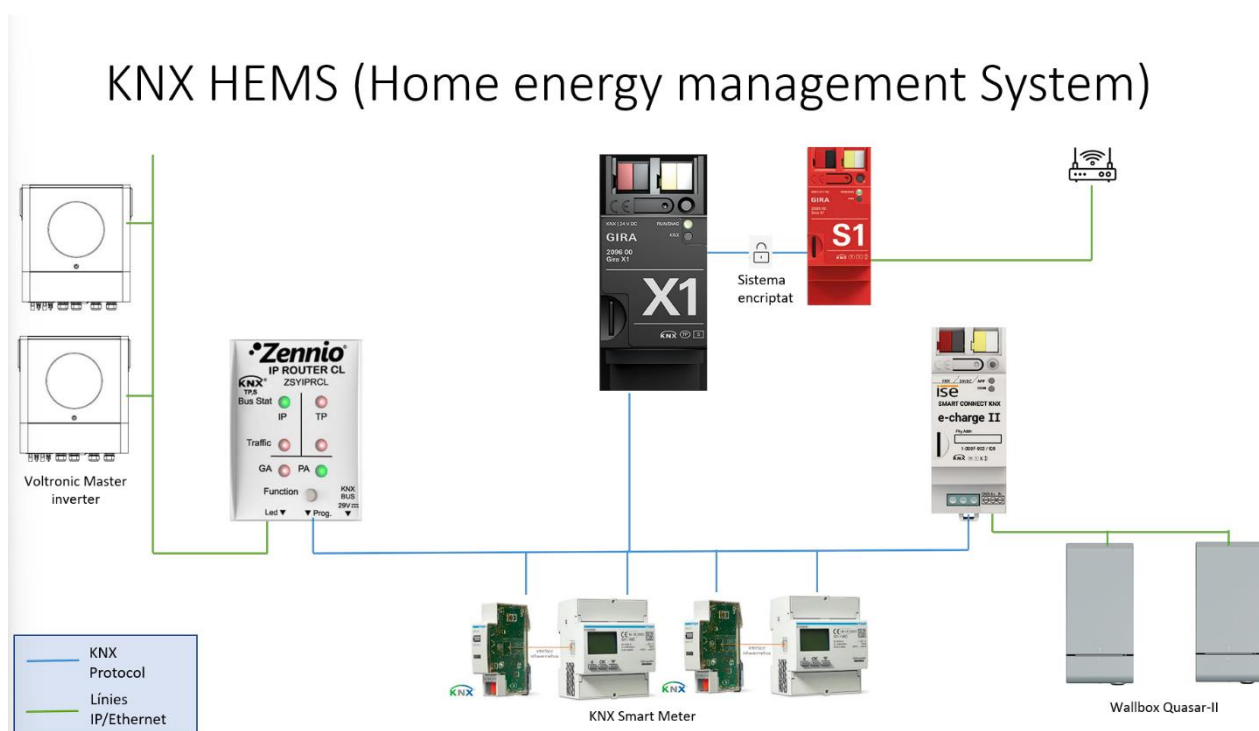
### 2.7.3 Disseny final "HEMS" comunitat d'habitatges

Finalment podem presentar el nostre disseny de la Smart community (Equivalent a smart home) pel cas d'un bloc, ja que aquest sistema estarà replicat fins 3 cops per cada un dels blocs, a excepció del control central, el Gira X1 i el Gira S1 per la comunicació remota segura, que seran únics.

Cal destacar, és que per un ordinador central, Gira X1, pot gestionar tants sensors o equips com necessitis. On se li pot aplicar fins a 250 funcions diferents i tenir fins a 1000 punts de dades diferents. Però sí per alguna raó li faltés capacitat, també és ampliable i capaç de doblar la seva capacitat.

Tot el sistema estarà centralitzat a través de les interconnexions que tindran connexió amb tots els inversors voltrònics màsters, tots els carregadors de vehicle elèctric, bidireccional o unidireccional i totes les mesures que necessitem per saber la potència i corrent que circula per cada un dels habitatges.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H



Il·lustració 70. Resum sistema HEMS comunitat d'habitatges

A través del software de Gira "eNet SMART HOME" ens permetrà a través d'una intuïtiva interfície gràfica crear, gestionar i visualitzar el nostre projecte de la comunitat d'habitatges al nostre gust amb les funcions que nosaltres trobem més adient per la gestió energètica de la comunitat i per poder adquirir el nostre objectiu de tenir una comunitat energèticament independent.



Il·lustració 71. eNet START HOME de Gira. Font: Gira [24]

## 2.8 Estudi de viabilitat energètica en la comunitat

A continuació passarem a analitzar la viabilitat energètica del nostre disseny de la comunitat d'habitatges. Serà el primer dels dos estudis que es faran, el segon serà la viabilitat econòmica.

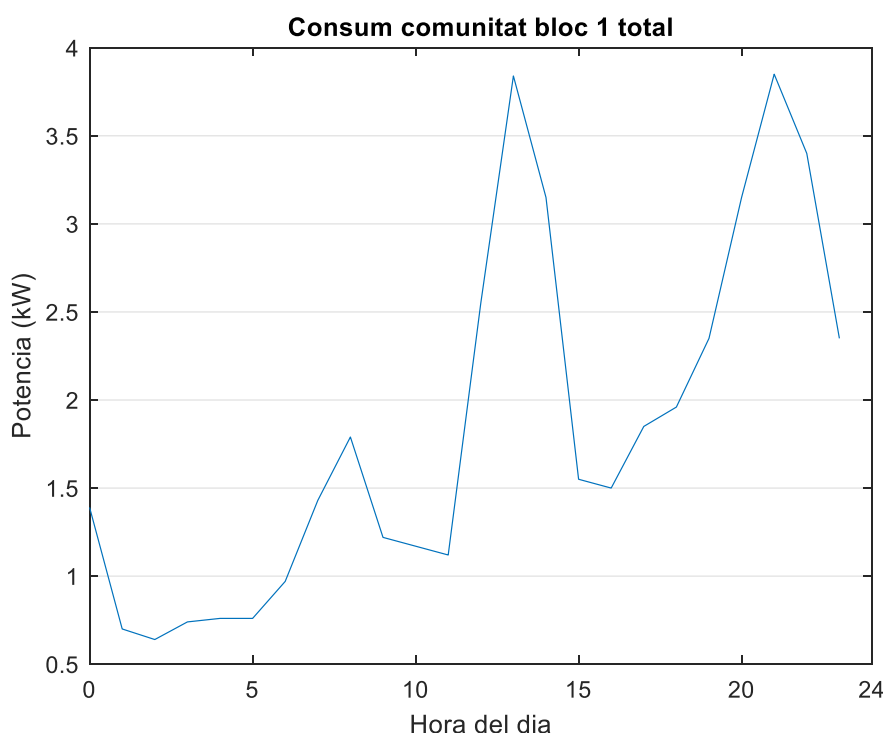
La viabilitat energètica és el primer esgrao que s'ha de superar per demostrar que aquesta comunitat és possible, i si es així, superar el segon i últim que seria l'econòmic.

Per demostrar aquesta viabilitat ens centrarem en el mes on pitjor condicions tenim a nivell solar, el desembre. Com portem fent en tot el treball, agafarem les dades de consum, irradiació i generació que podem trobar a: 2.2.2 Estudi de les necessitats de tota la comunitat, 2.3.2 Estudi de la irradiació solar en la comunitat, 2.4.1 Estudi vent zona costera Garraf i 2.6.1 Càlcul número de plaques solars.

Les dades seran traspassades a Matlab i seran generades els resultats depenent el anàlisis que estiguem fent. Tal com podrem veure en els següents apartats:

### 2.8.1 Consum dels diferents blocs de la comunitat

Primerament analitzarem els 3 blocs per separat, ja que no farem 3 anàlisis idèntics amb diferents dades de consum, el que farem serà agafar el bloc de la comunitat amb més consum de tots.



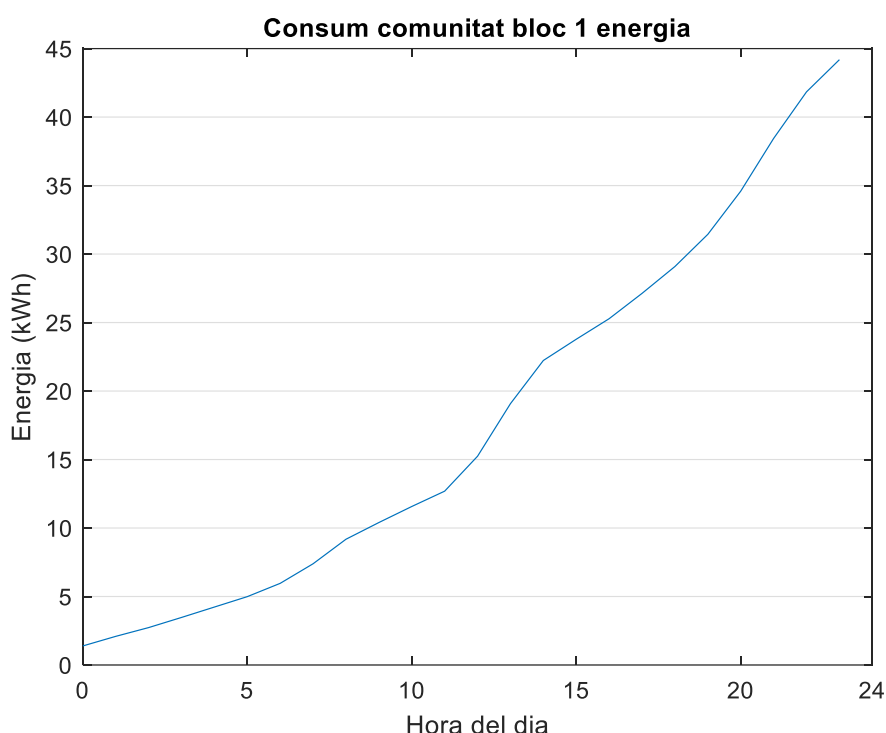
Il·lustració 72. Consum bloc 1 comunitat

En la il·lustració 72 i en la resta de il·lustracions es treballarà amb dades diàries, que aniran de les 0 hores fins les 23 hores, ja que cada numero equivaldrà a una hora, o sigui que les 0 seran les dades de les 0 hores fins la 1 hores, i les dades de les 23 hores seran de les 23 hores fins les 24 hores.

En la il·lustració anterior podem apreciar les dades del bloc 1, si ens consultem l'apartat 2.6 Configuració energètica de la comunitat podem veure com estan distribuïts els blocs, i també tenim amb molt més detall les dades de cada habitatge en 5 ANEXA 1 – Detall del consum individual de cada habitatge de la comunitat.

En l'eix Y tenim la potència en kW que es consumeix de forma mitjana durant la hora corresponent de l'eix X.

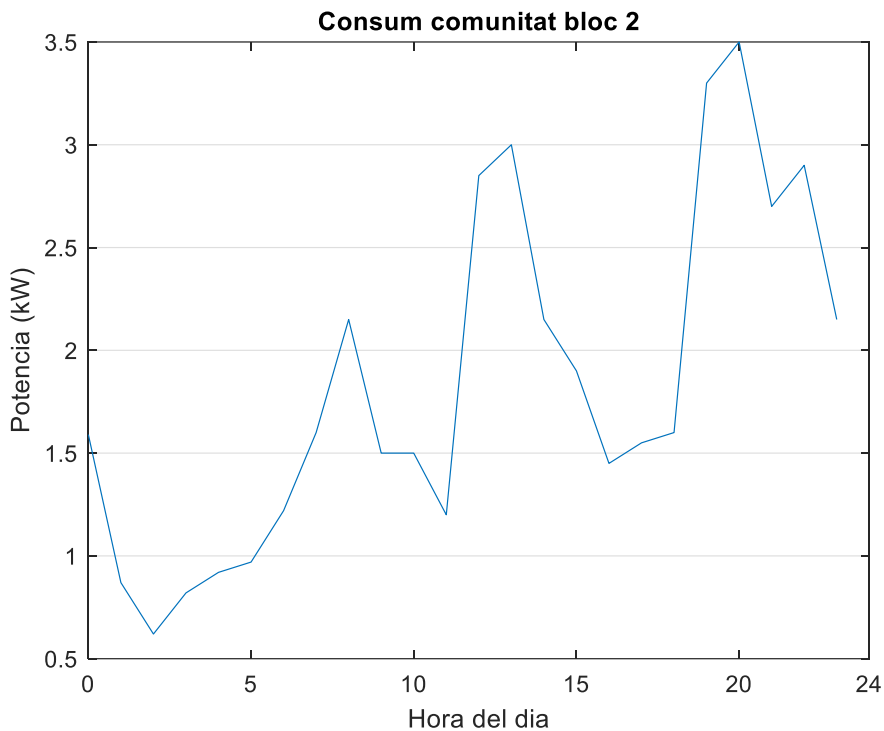
A continuació tenim la integral de la potència, que és la energia, d'aquesta forma podem veure l'energia acumulada consumida per hores.



Il·lustració 73. Energia consumida per bloc 1 comunitat

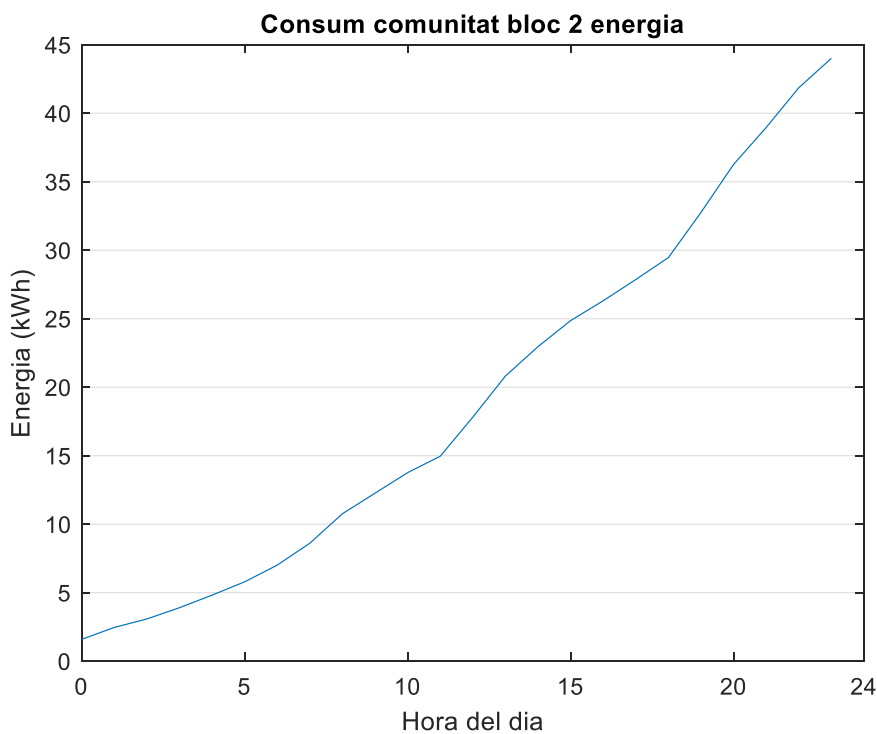
En la il·lustració anterior podem veure que el consum total bloc 1 es de 44.19 kWh per dia.

Passem a veure el consum del bloc 2, tal com hem fet per el bloc 1, tenint en compte tots els consums dels 6 habitatges que hi pertanyen:



Il·lustració 74. Consum bloc 2 comunitat

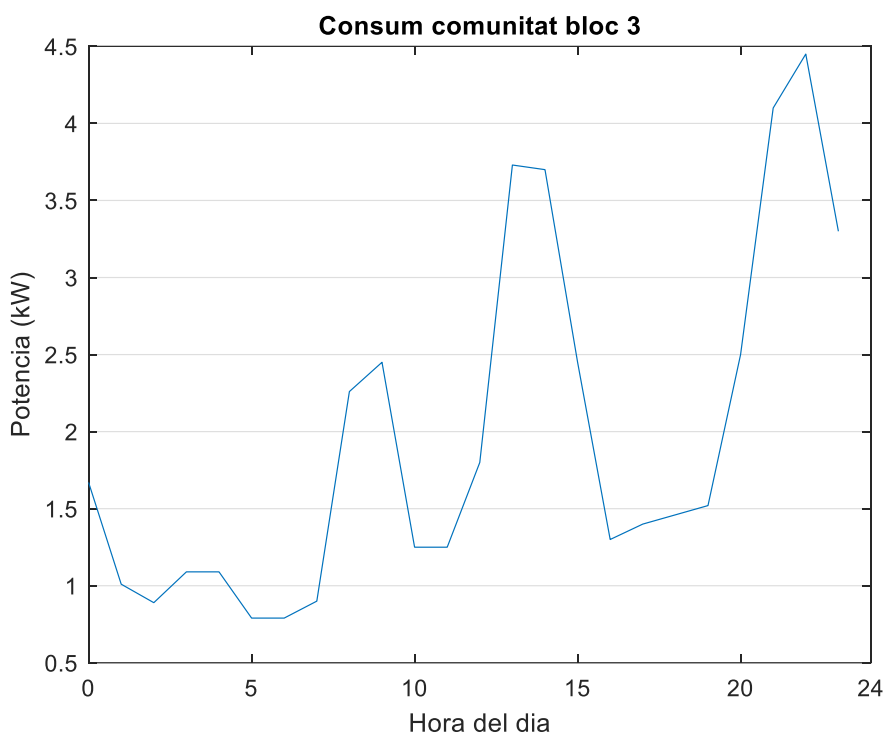
I a continuació l'energia del bloc 2:



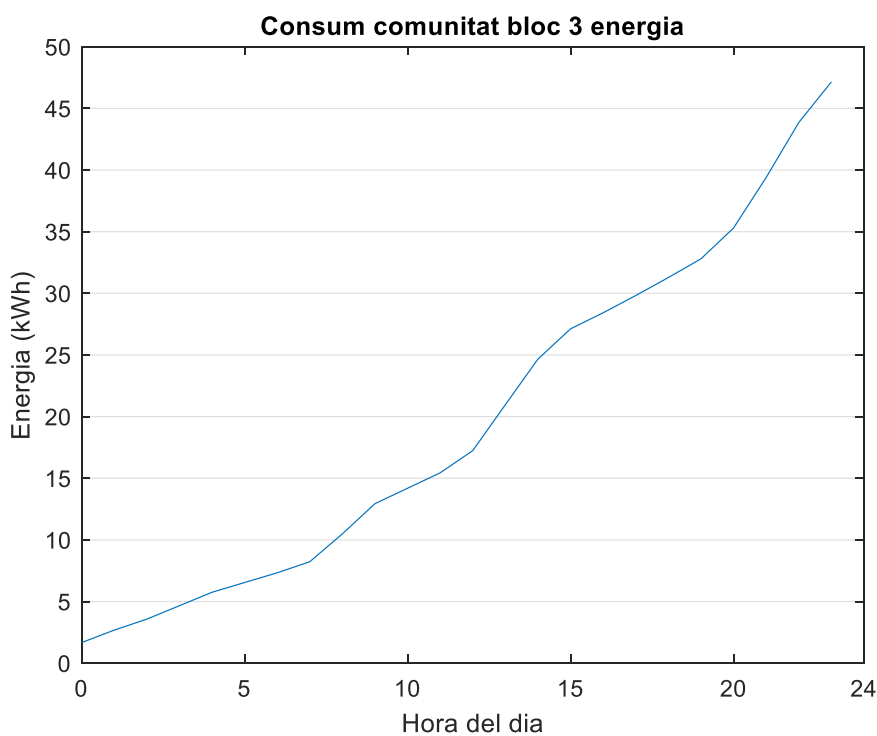
Il·lustració 75. Energia consumida per bloc 2 comunitat

El consum total diari, en aquest cas del bloc 2, és de: 44.01 kWh

Passarem a veure els consums i acumulats del bloc 3:



Il·lustració 76. Consum bloc 3 comunitat

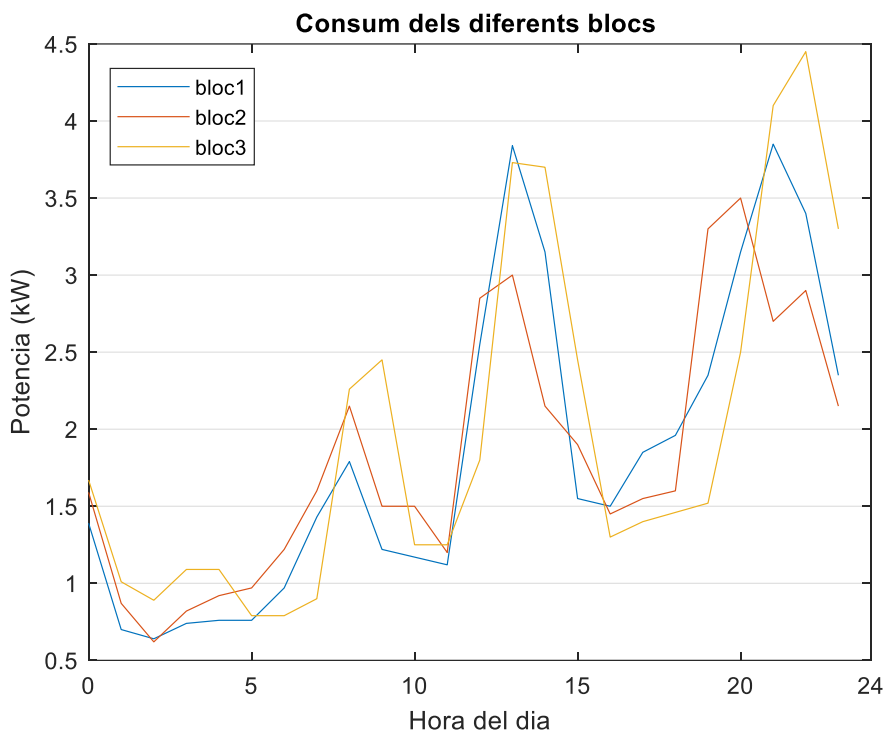


Il·lustració 77. Energia consumida per bloc 3 comunitat

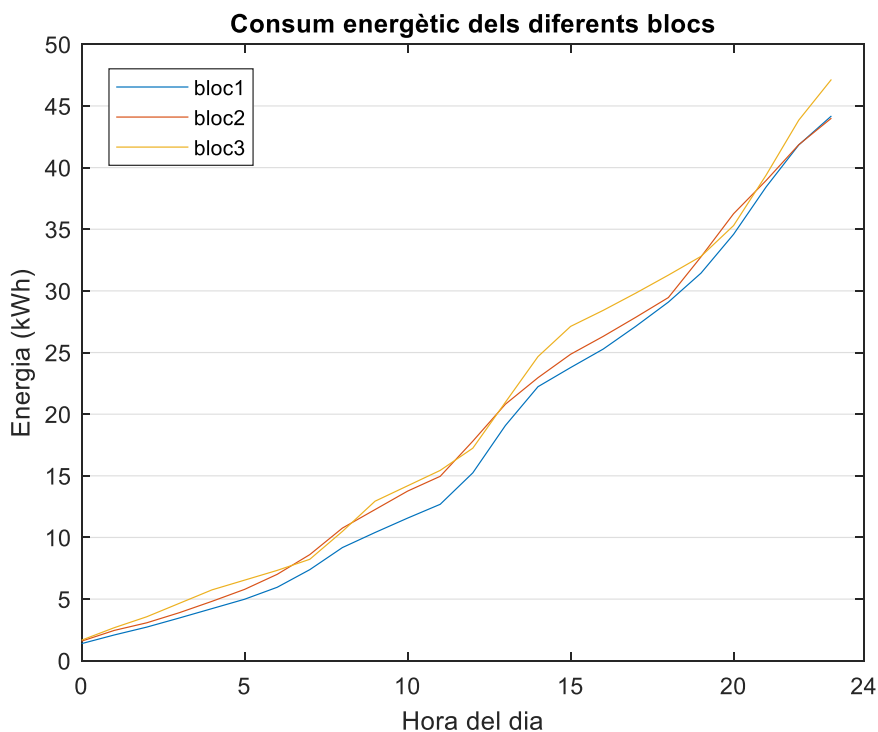
El consum acumulat total del bloc 3 és: 47.15 kWh

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Per veure-ho molt més clar ho il·lustrem de forma conjunta tant el consum com l'acumulat:



Il·lustració 78. Consum de cada bloc en la comunitat



Il·lustració 79. Energia consumida per cada bloc comunitat

D'aquestes gràfiques podem concloure que el bloc 3 té un consum major que la resta de blocs, per les característiques que es poden veure al Annex 1. En canvi, el bloc 1 i bloc 2 tenen consums molt aproximats.

Així que els propers anàlisis de viabilitat es faran exclusivament tenint en compte els consums del bloc 3, d'aquesta forma, posarem el sistema més al límit i podrem veure amb més certesa la viabilitat del sistema.

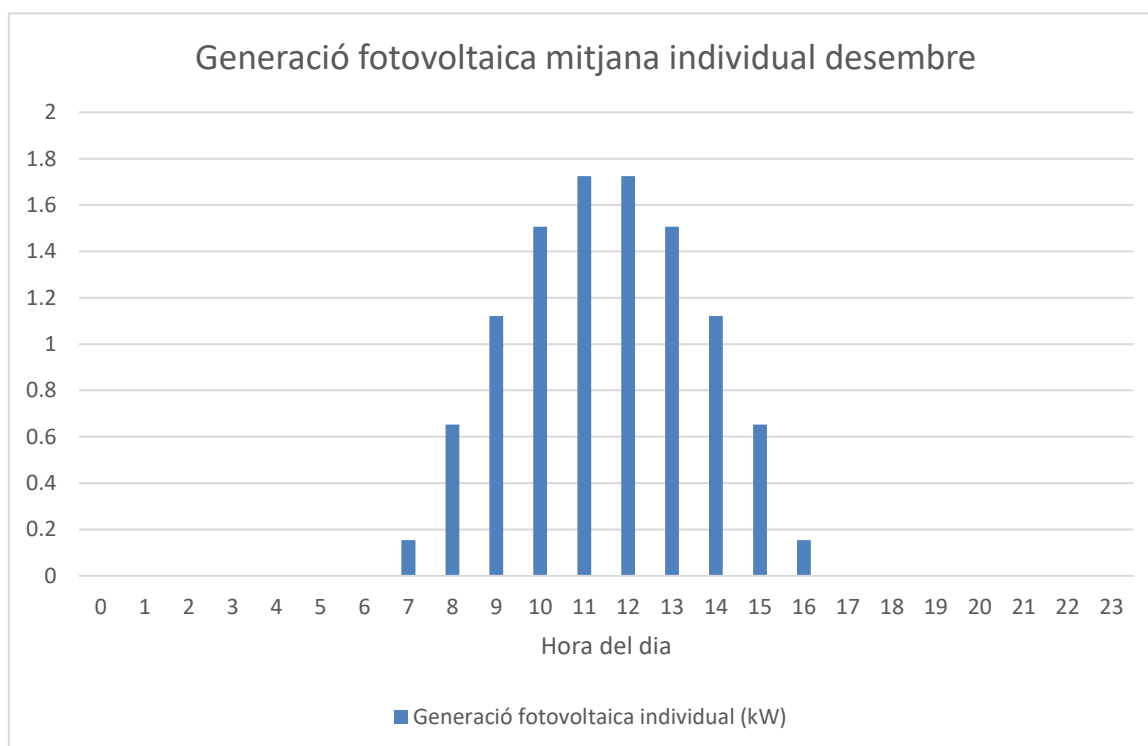
## 2.8.2 Anàlisis viabilitat de la comunitat en el mes de desembre

Per veure sí el sistema és viable hem d'agafar les dades de generació fotovoltaica, eòlica i comparar-les amb el consum. Per això també s'ha de tenir en compte la capacitat de les bateries i òbviament la capacitat dels vehicles elèctrics tant en l'ajuda com en la càrrega.

Primerament analitzarem el mes de desembre en valors mitjos. Volem veure com en una situació estàndard es comporta el disseny d'aquest sistema, i sobretot, com reacciona.

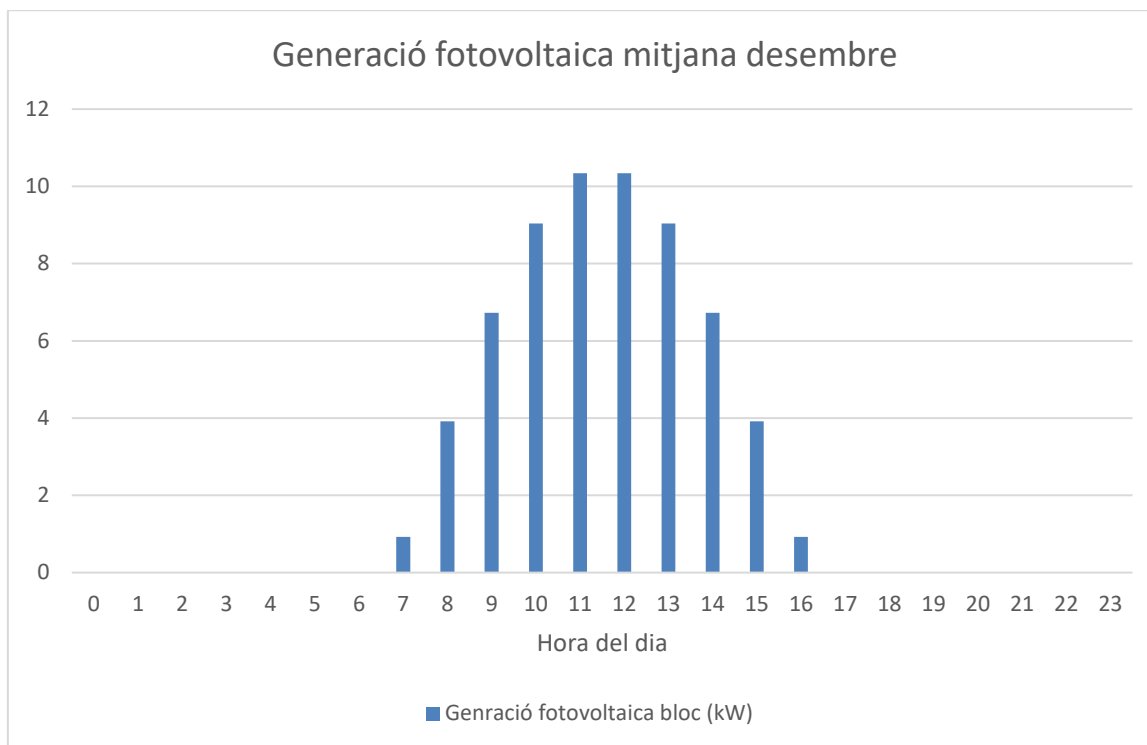
### 2.8.2.1 Anàlisis tenint en compte valors mitjos en desembre

Primerament analitzarem la generació fotovoltaica que té qualsevol dels habitatges d'aquesta comunitat en el mes de desembre de forma mitjana:



Il·lustració 80. Generació fotovoltaica individual en desembre

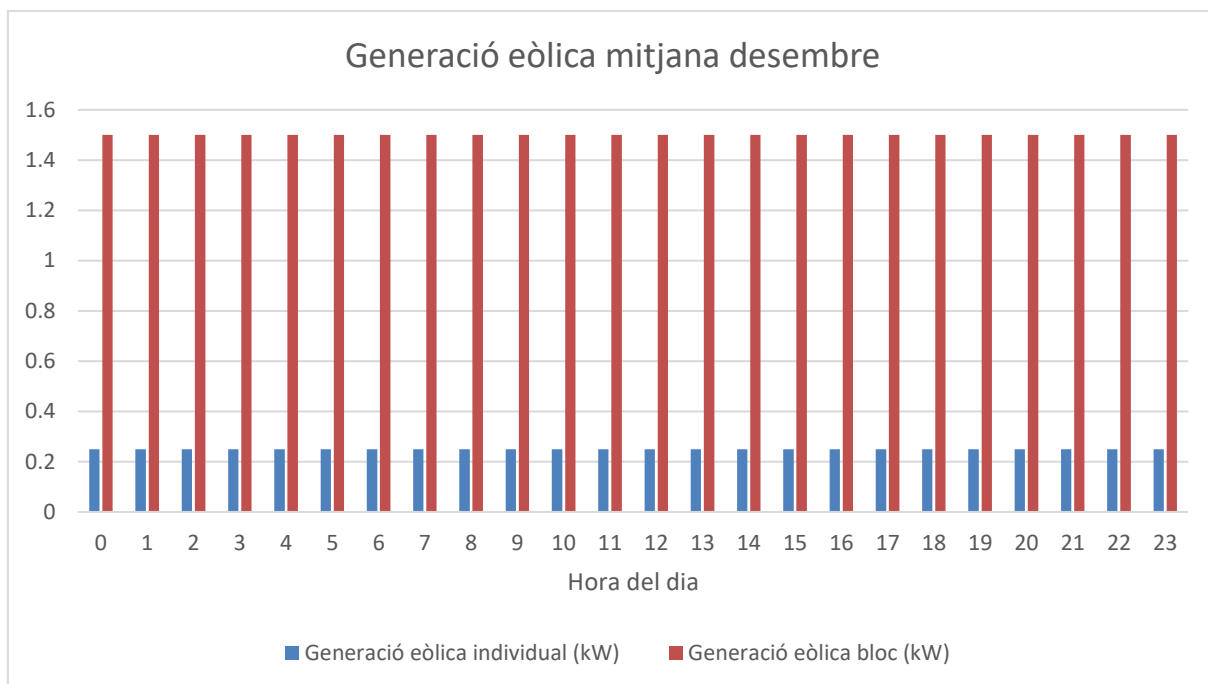
Agafant les dades individuals poder treure la generació de tot un bloc de forma mitjà en el mes de desembre:



Il·lustració 81. Generació fotovoltaica bloc en desembre

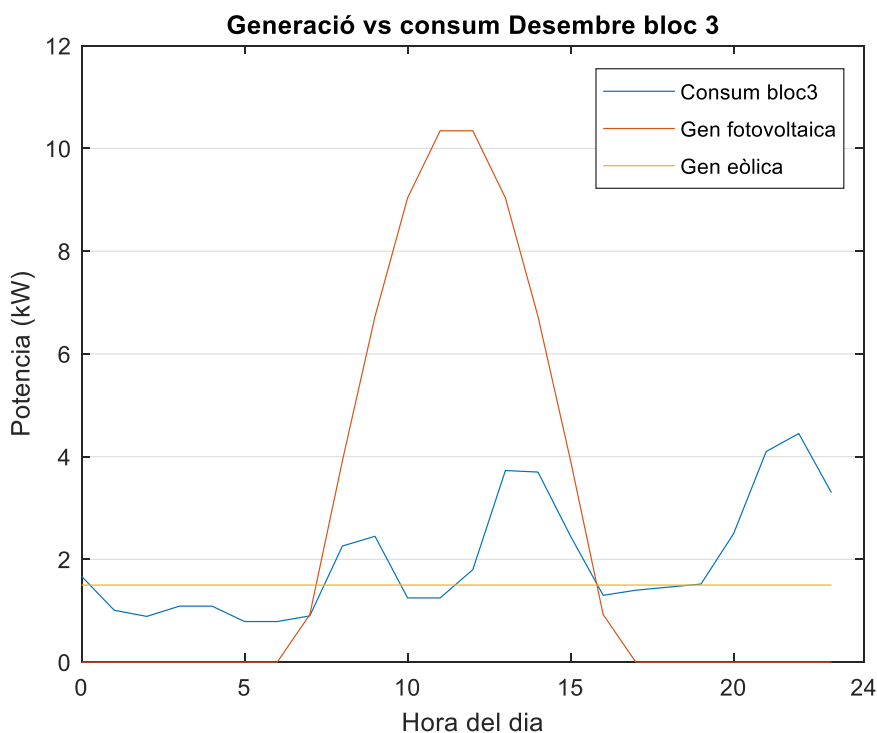
Seguidament passarem a veure en el mateix gràfic les dades de generació eòlica individual i generació eòlica per un bloc en el mes de desembre de forma mitjana.

Les dades són basades en les anàlisis que hem fet en aquest estudi ja que es considerarà que de forma mitjana voldrà dir que tindrà un vent constant mitjà diari i d'aquesta forma la gràfica eòlica serà una línia contínua. En la realitat sabem que les variacions del vent són freqüents i diverses durant el dia.



Il·lustració 82. Generació eòlica individual i de bloc mitjana desembre

Ara, tenint en compte només el bloc 3, ja que és el que més consum té, i a la vegada busquem el pitjor cas en termes de mitjanes de càlculs. Podem extreure que al desembre de forma mitjana tenim:



Il·lustració 83. Comparativa generació vs consum desembre mitjana

Analitzant la il·lustració 83 podem veure la gran capacitat de generació que té el nostre bloc, a part, si li sumen la generació mitjana d'energia renovable eòlica, la mitjana augmenta molt.

A la taula següent podem veure les dades en format numèric de les diferents gràfiques de la il·lustració 83:

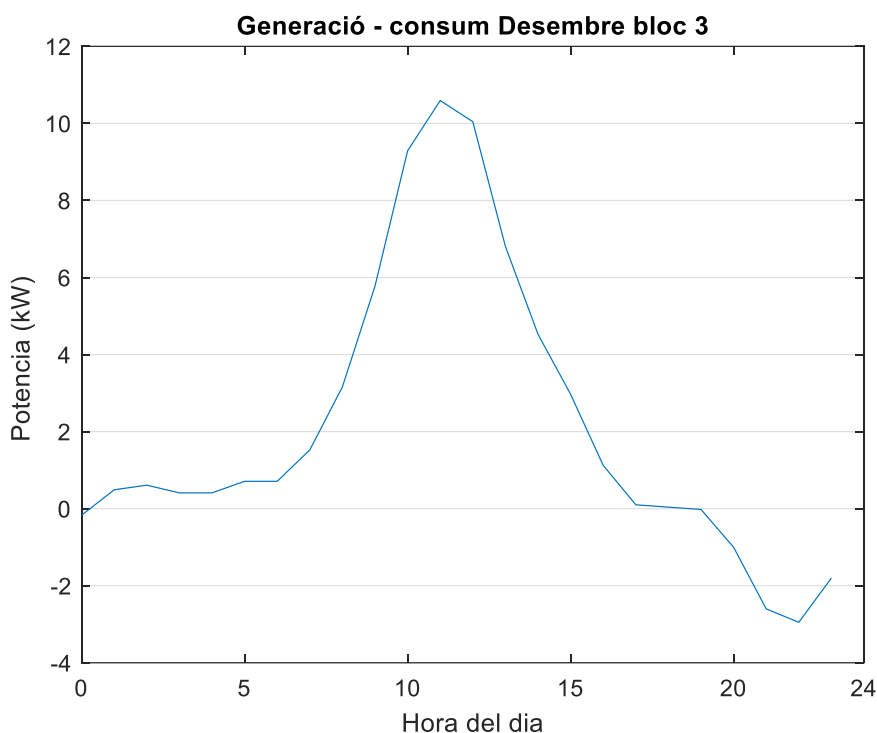
Hora del dia	Generació fotovoltaica bloc (kW)	Generació eòlica bloc (kW)	Consum total bloc 3 (kW)
0 h – 1 h	0.00	1.50	1.67
1 h – 2 h	0.00	1.50	1.01
2 h – 3 h	0.00	1.50	0.89
3 h – 4 h	0.00	1.50	1.09
4 h – 5 h	0.00	1.50	1.09
5 h – 6 h	0.00	1.50	0.79
6 h – 7 h	0.00	1.50	0.79
7 h – 8 h	00.92	1.50	0.90
8 h – 9 h	03.92	1.50	2.26
9 h – 10 h	06.73	1.50	2.45
10 h – 11 h	09.04	1.50	1.25
11 h – 12 h	10.34	1.50	1.25
12 h – 13 h	10.34	1.50	1.80
13 h – 14 h	09.04	1.50	3.73
14 h – 15 h	06.73	1.50	3.70
15 h – 16 h	03.92	1.50	2.45
16 h – 17 h	00.92	1.50	1.30
17 h – 18 h	0.00	1.50	1.40
18 h – 19 h	0.00	1.50	1.46
19 h – 20 h	0.00	1.50	1.52
20 h – 21 h	0.00	1.50	2.50
21 h – 22 h	0.00	1.50	4.10
22 h – 23 h	0.00	1.50	4.45
23 h – 24 h	0.00	1.50	3.30

Taula 23. Dades numèriques de la il·lustració 83

La generació en desembre és la més baixa de tot l'any, podem veure que es comença a generar un valor significatiu de potència a la franja de 8 h a 16 h. El que vindria a ser només un interval aproximat de 8 hores.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Així que el proper pas és sumar totes les generacions i restar-les dels consums, d'aquesta forma tindriem la següent gràfica:



Il·lustració 84. Generació menys consum bloc 3 desembre mitjana

I seguidament les dades per hores de la il·lustració 84:

Hora del dia	Consum menys generació mitjana bloc 3 (kW)
0 h – 1 h	-0.17
1 h – 2 h	0.49
2 h – 3 h	0.61
3 h – 4 h	0.41
4 h – 5 h	0.41
5 h – 6 h	0.71
6 h – 7 h	0.71
7 h – 8 h	1.52
8 h – 9 h	3.16
9 h – 10 h	5.78
10 h – 11 h	9.29
11 h – 12 h	10.59

12 h – 13 h	10.04
13 h – 14 h	6.81
14 h – 15 h	4.53
15 h – 16 h	2.97
16 h – 17 h	1.12
17 h – 18 h	0.10
18 h – 19 h	0.04
19 h – 20 h	-0.02
20 h – 21 h	-1.00
21 h – 22 h	-2.60
22 h – 23 h	-2.95
23 h – 24 h	-1.80

Taula 24. Dades numèriques de la il·lustració 84

Amb aquest consum i generació mitjanes podem apreciar que pràcticament tenim cobertes totes les hores del dies menys el vespre i el principi de la nit, tenint en compte que estem al desembre, el mes amb menys generació i que estem en valors mitjans.

Podem veure que de 20 h a 23 h, on fem un consum major i tenim zero generació fotovoltaica, haurem d'obtenir energia de les bateries de liti que tenim instal·lades al bloc, de 36 kWh en total, o dels vehicles elèctrics connectats als carregadors bidireccionals, en el cas que estiguin carregats i programats per fer-ho.

Les bateries de liti de BYD tenen una gran vida útil de fins 6000 cicles amb una profunditat de descarrega del 90 %. Amb les condicions actuals, hauríem d'absorbir de les nostres bateries 8.54 kWh per suportar la nit només amb bateries sense vehicle elèctric. Això només suposaria un 23.72 % de descarrega de les bateries. Molt lluny dels 90 % calculats per el fabricant per cicle.

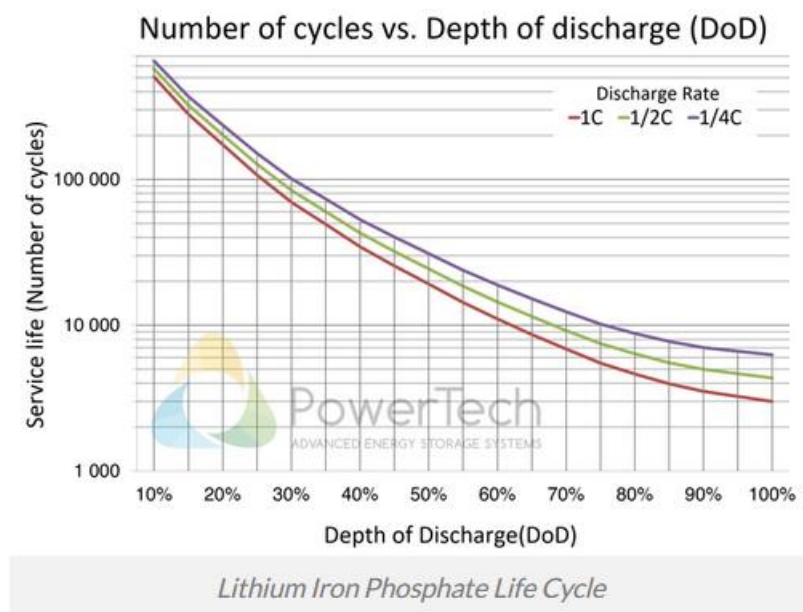
Això suposaria que necessitaríem 3 dies i mig per fer un cicle en les bateries de liti de la comunitat (un cicle = 90 %) De tal forma que:

$$1 \text{ cicle} = 3.5 \text{ dies}$$

$$6000 \text{ cicles} = 21000 \text{ dies} = 57 \text{ anys}$$

Les bateries, pel cas de que tot l'any tingués la generació de desembre (cas impossible) estan suficient dimensionades per aguantar tota la seva vida útil, que de garantia són 10 anys, però podríem esperar perfectament una vida útil de 15 anys mínim.

Però per fer el càlculs correctament agafarem l'energia mitjana que s'utilitza diàriament, 8.54 kWh i calculem la energia en el començament de la seva vida (Energy beginning of life)



Il·lustració 85. LiFePO4 DOD depenent del rati de descàrrega. Font: PowerTechSystems [28]

Amb aquesta font podem veure que amb una profunditat de descàrrega del 90 % tenim, en el pitjor cas 1C, uns 3500 cicles de càrrega.

Així que el DOD es:

$$DOD = \frac{3500}{1564} \cdot 100 \% = 100 \%$$

On el DOD seria 100% ja que no arribem als 3500 cicles de descàrrega marcats per aquesta tecnologia i d'aquesta forma no estariem utilitzant la bateria per complert.

Amb 15 anys que li posem de vida útil, a una mitjana de 3.5 dies per cicle, tenim que:

$$3.5 \text{ dies per cicles en } 15 \text{ anys} = 1564 \text{ cicles}$$

La conclusió que podem veure és que les bateries estan exageradament sobredimensionades, però no hem tingut en compte la descàrrega que poden tenir per la càrrega del vehicle elèctric per la nit, així que li sumarem al consum diari:

Tenint en compte que consum mitjà homologat del Leaf E+ és de 18,5 kWh/100 km i que parcialment es carregarà amb energia solar, tenim que en el pitjor cas comptem que:

$$\text{Consum diari} = \text{consum habitatges} + \text{consum VE} = 8.54 \text{ kWh} + 18.5 \text{ kWh} = 27.04 \text{ kWh}$$

Llavors tenint en compte que farem casi un cicle per dia, 5475 cicles en 15 anys:

$$DOD = \frac{3500}{5475} \cdot 100 \% = 63.92 \%$$

$$E_{\text{BOL}} = \frac{27.04 \text{ kWh}}{0.6392} = 42.3 \text{ kWh}$$

Podem concloure que 42.3 kWh >> 36 kWh, així que el sistema no serà capaç de carregar 18.5 kWh del vehicle elèctric diàriament (Equivalent a 100 km en el perfil mitjà homologat) en un cas que tot l'any tinguem la producció de desembre.

Com sabem que només en desembre tenim una producció tan baixa, el sistema sí que és viable perquè al tenir més hores de llum i energia eòlica, no tota l'energia provindrà de la bateria.

El que es podrà carregar el vehicle elèctric per dia, en el cas de que tot provingui de la bateria sense renovables i només amb la mitjana de desembre és:

$$E_{\text{BOL}} = \frac{23.01 \text{ kWh}}{0.6392} = 36 \text{ kWh}$$

Una energia en total de 23.01 kWh – 8.54 kWh = 14.47 kWh que equivaldria seguint el cicle homologat en el Nissan Leaf d'uns **78.22 km diaris** (molt per sobre de la mitjana que fa una persona diàriament).

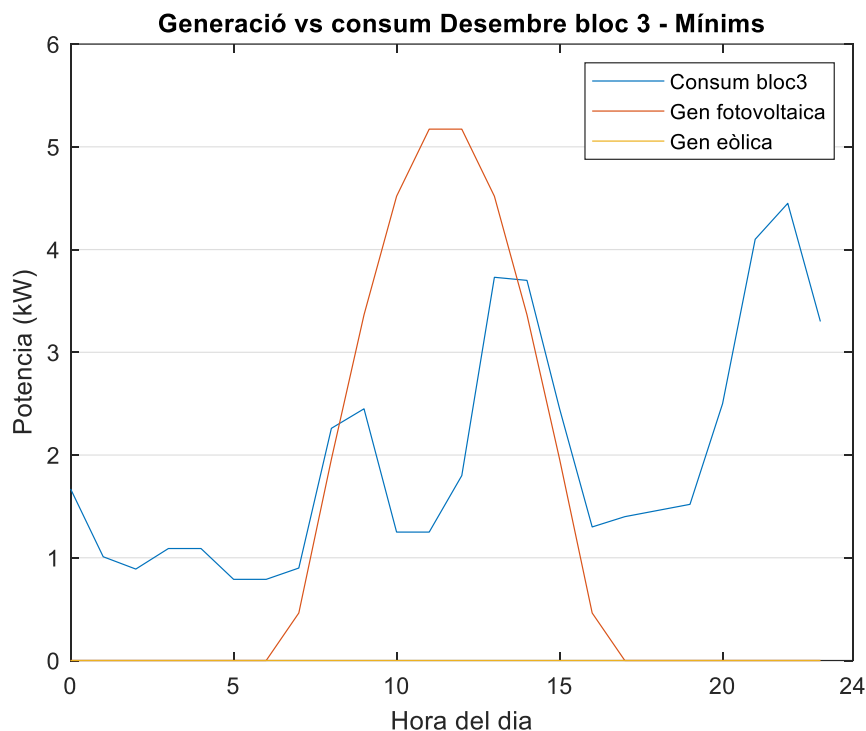
#### 2.8.2.2 Anàlisi tenint en compte els valors mínims en desembre

Ara passarem a analitzar el pitjor cas que podem tenir en la nostra comunitat, un temporal que redueixi la producció fotovoltaica en un 50 % i a més a més la producció eòlica sigui 0.

Tal com podem veure en la següent il·lustració, l'àrea que tenim d'excedent s'ha reduït en gran mesura, i veiem que la generació eòlica és 0, tindrem un sistema que passarà a estar en estat crític.

Farem una anàlisi amb detall per veure quines són les solucions pel cas que estem plantejant, on per sort tenim el vehicle elèctric, que serà la solució a problemes de subministrament en casos extrems com aquest.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H



Il·lustració 86. Comparativa generació vs consum desembre mínim

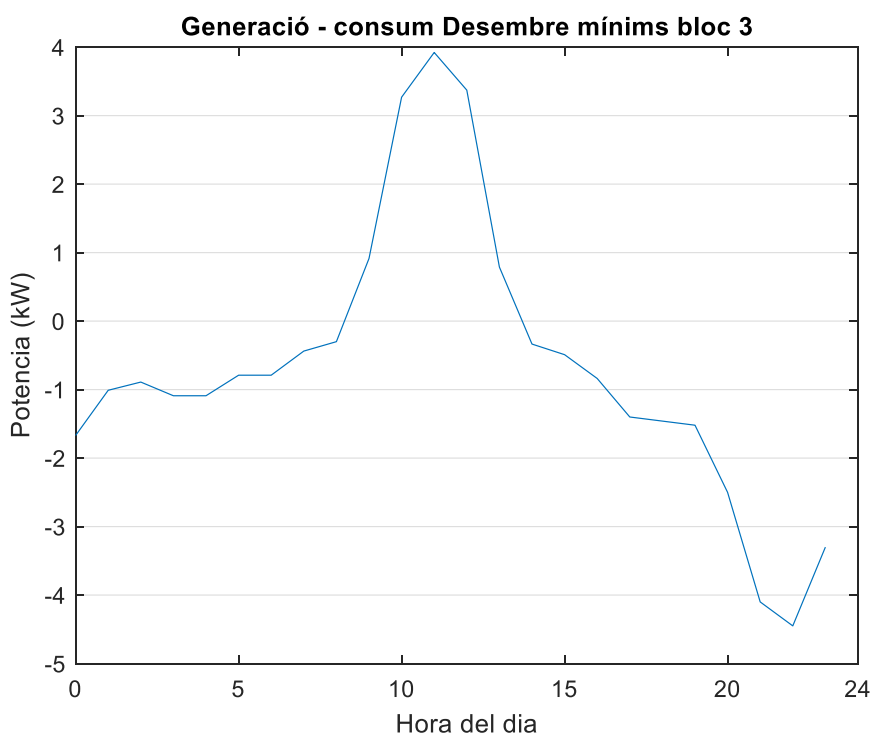
I seguidament les dades per hores de la il·lustració 86:

Hora del dia	Generació min. fotovoltaica bloc (kW)	Generació min. eòlica bloc (kW)	Consum total bloc 3 (kW)
0 h – 1 h	0.00	0	1.67
1 h – 2 h	0.00	0	1.01
2 h – 3 h	0.00	0	0.89
3 h – 4 h	0.00	0	1.09
4 h – 5 h	0.00	0	1.09
5 h – 6 h	0.00	0	0.79
6 h – 7 h	0.00	0	0.79
7 h – 8 h	0.46	0	0.90
8 h – 9 h	1.96	0	2.26
9 h – 10 h	3.36	0	2.45
10 h – 11 h	4.52	0	1.25
11 h – 12 h	5.17	0	1.25
12 h – 13 h	5.17	0	1.80
13 h – 14 h	4.52	0	3.73

14 h – 15 h	3.36	0	3.70
15 h – 16 h	1.96	0	2.45
16 h – 17 h	0.46	0	1.30
17 h – 18 h	0.00	0	1.40
18 h – 19 h	0.00	0	1.46
19 h – 20 h	0.00	0	1.52
20 h – 21 h	0.00	0	2.50
21 h – 22 h	0.00	0	4.10
22 h – 23 h	0.00	0	4.45
23 h – 24 h	0.00	0	3.30

Taula 25. Dades numèriques de la il·lustració 86

A continuació agafem totes les generacions en aquest cas de generació mínima en desembre i les restem del consum del bloc 3, que recordem era el que més consum tenia dels 3 blocs:



Il·lustració 87. Generació menys consum bloc 3 desembre extrem

I seguidament els valors per hora de la il·lustració 87:

Hora del dia	Consum menys generació mínima bloc 3 (kW)
0 h – 1 h	-1.67
1 h – 2 h	-1.01
2 h – 3 h	-0.89
3 h – 4 h	-1.09
4 h – 5 h	-1.09
5 h – 6 h	-0.79
6 h – 7 h	-0.79
7 h – 8 h	-0.44
8 h – 9 h	-0.30
9 h – 10 h	0.91
10 h – 11 h	3.27
11 h – 12 h	3.92
12 h – 13 h	3.37
13 h – 14 h	0.79
14 h – 15 h	-0.34
15 h – 16 h	-0.49
16 h – 17 h	-0.84
17 h – 18 h	-1.40
18 h – 19 h	-1.46
19 h – 20 h	-1.52
20 h – 21 h	-2.50
21 h – 22 h	-4.10
22 h – 23 h	-4.45
23 h – 24 h	-3.30

Taula 26. Dades numèriques de la il·lustració 87

Podem veure que en aquest anàlisis tan extrem on hi ha tan poca generació fotovoltaica en la il·lustració 87 estem pràcticament tot el dia en dèficit. L'únic moment del dia que estem en positiu és de 9 h a 14 h, unes 5 hores al dia.

Així que podem veure que tenim un dèficit de 28.46 kWh i un saldo positiu de 12.26 kWh que generem de més i que principalment serà destinat a la càrrega de bateries.

$$\text{Dèficit final} = -28.46 \text{ kWh} + 12.26 \text{ kWh} = -16.2 \text{ kWh}$$

Doncs veient aquest cas tan crític, on no hi ha generació eòlica, i tenim una generació tan baixa d'energia solar, podem encara apreciar que el sistema seria capaç de mantenir-se perfectament més d'un dia sencer amb les bateries. El dèficit d'energia necessària que hauríem de subministrar és de 16.2 kWh si tenim en compte que tot l'excedent es destina a la càrrega de bateries.

Si seguim amb aquest perfil podem veure que:

$$\text{SOC final primer dia} = 36 \text{ kWh} - 16.2 \text{ kWh} = 19.8 \text{ kWh (SOC 55 \%)}$$

$$\text{SOC final segon dia} = 19.8 \text{ kWh} - 16.2 \text{ kWh} = 3.6 \text{ kWh (SOC 10 \%)}$$

Podem concloure que en episodis d'aquestes característiques el sistema és capaç d'aguantar 2 dies amb les bateries actuals, però estaria prohibit la càrrega del vehicle elèctric, ja que tota l'energia excedent ha de destinar-se a la càrrega de bateries.

Així que hauríem de optar per carregar els nostres vehicles elèctrics fora de la instal·lació de la comunitat d'habitatges, i inclús estar disponibles per subministrar-hi energia.

Si el episodi fos més llarg de dos dies, seria necessari amb el nostre disseny, que el vehicle elèctric amb carregador bidireccional proporcionés l'energia deficitària a la comunitat i carregues les bateries.

Aquesta energia proporcionada per un usuari, gràcies als comptadors que hi ha bidireccionals, seria compensada i descomptada de les quotes de manteniment i servei que haguessin de pagar.

### 2.8.3 Anàlisi viabilitat de la comunitat en el mes de juny

Ara passarem a analitzar el mes de juny, com a comparativa del sistema en un del mesos on hi ha més irradiació solar, però per el contrari, la previsió eòlica disminueix.

Igual que em fet al apartat 2.6.1 Càlcul número de plaques solars, procedim a calcular la irradiació en el mes de juny de forma mitjana:

- Irradiació juny mitjà=6.394 kWh/(m<sup>2</sup>·dia)

En aquest cas es fan els càlculs amb les dades STC, on la irradiància és 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de cel·la 25 °C i AM = 1.5 (Valor universal de coeficient de massa d'aire per a càlcul amb panells solars):

- $V_{mpp} = 45.69 \text{ V}$
- $I_{mpp} = 13.46 \text{ A}$

On tenim en compte que la temperatura d'operació mitjà seran 40 °C i el coeficient de variació de la tensió de circuit obert dels mòduls fotovoltaics és -0.25 %/°C:

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

- $P_{mpp,20^{\circ}C,1000W/m^2} = 591.93 \text{ W}$

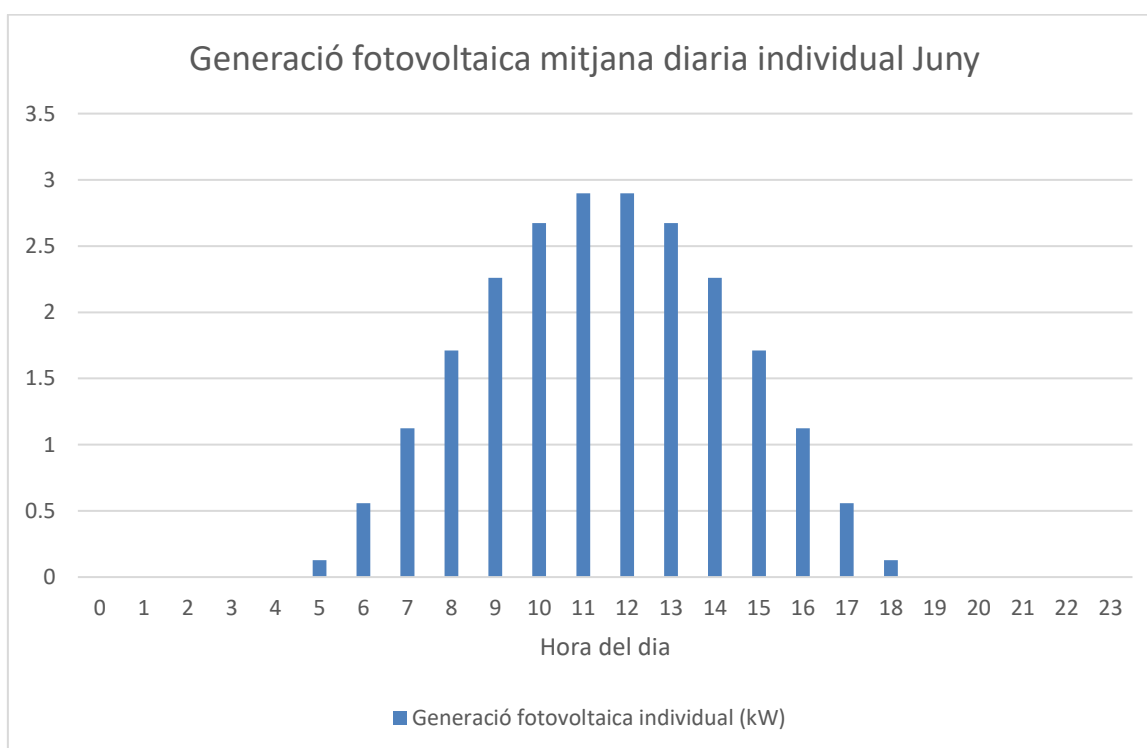
Tenim que les hores pic són 6.394 hores, doncs l'energia per mòdul serà:

$$E_{AC,40^{\circ}C,1000\frac{W}{m^2}} = P_{AC,40^{\circ}C,1000\frac{W}{m^2}} \cdot 6.394 \text{ h} = 3784.8 \text{ Wh per module per day}$$

Al tenir-ne 6 per habitatge tenim:

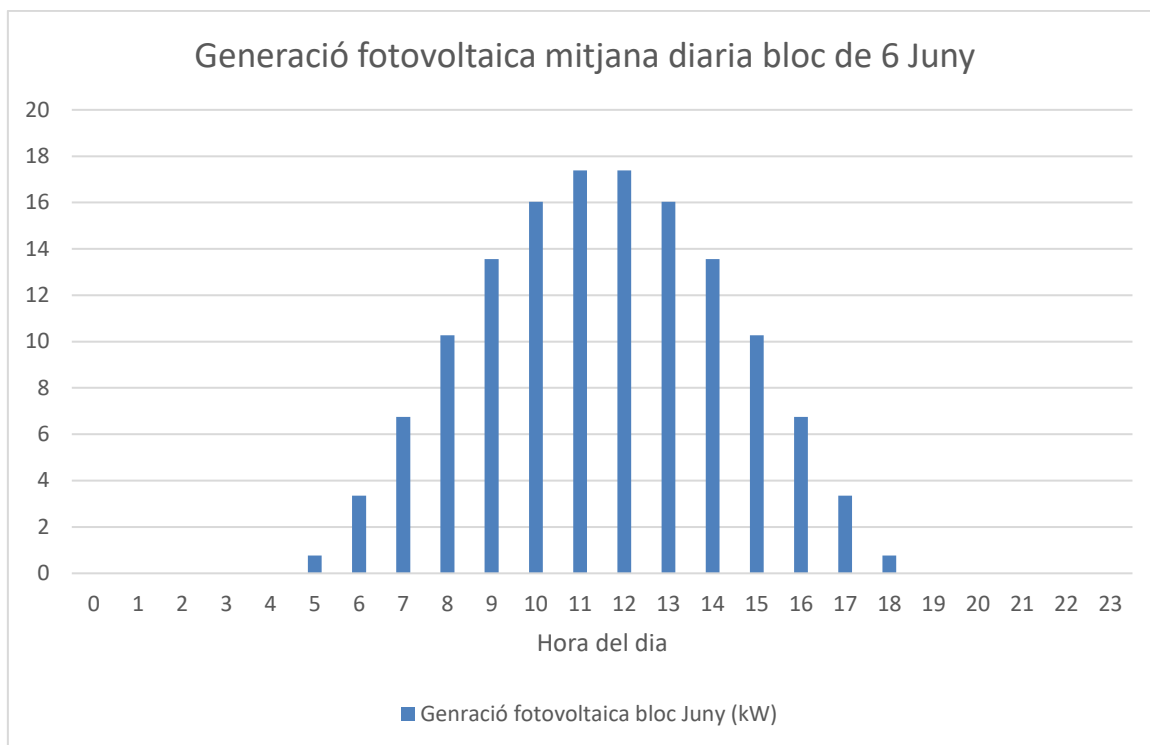
$$E_{AC,40^{\circ}C,1000\frac{W}{m^2}} = E_{AC,40^{\circ}C,1000\frac{W}{m^2}} \cdot 6 = 22708.8 \text{ Wh per module per day}$$

D'aquesta forma ens queda el següent gràfic per habitatge:



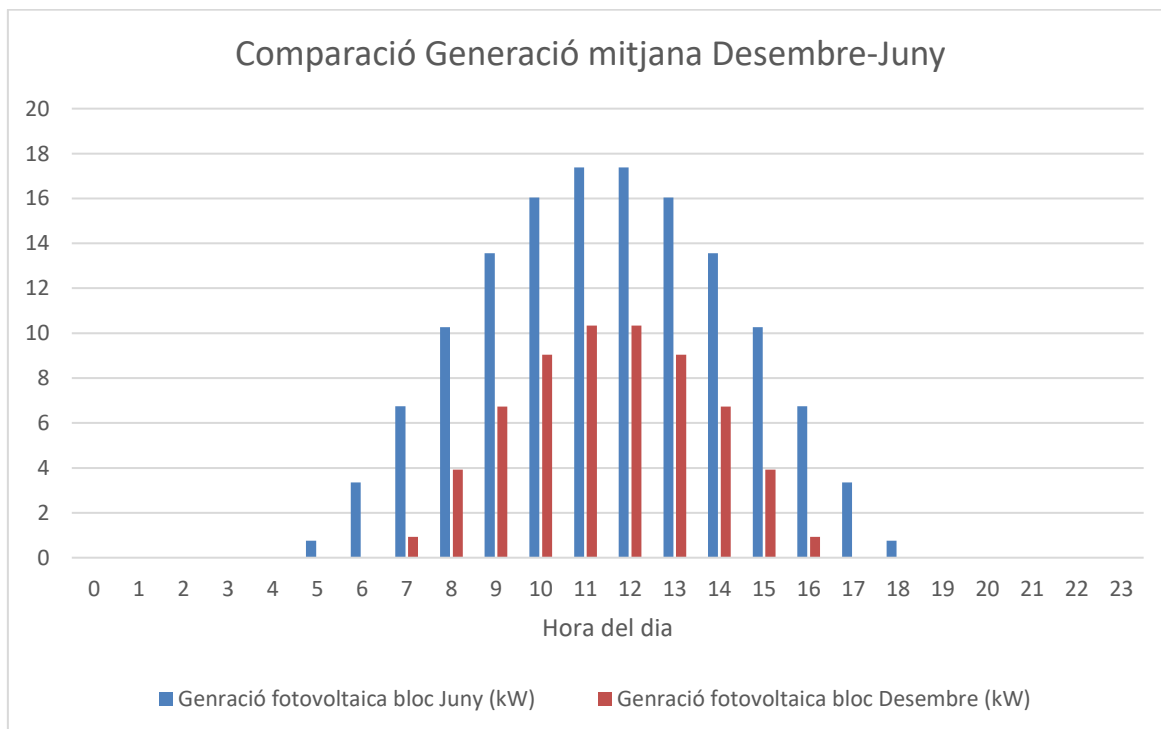
Il·lustració 88. Potència generada fotovoltaica habitatge Juny mitjà

I la generació de tot el bloc serà de tal forma com:



Il·lustració 89. Potència generada fotovoltaica bloc juny mitjana

I finalment tenim la comparació entre desembre i juny a nivell de generació mitjana:

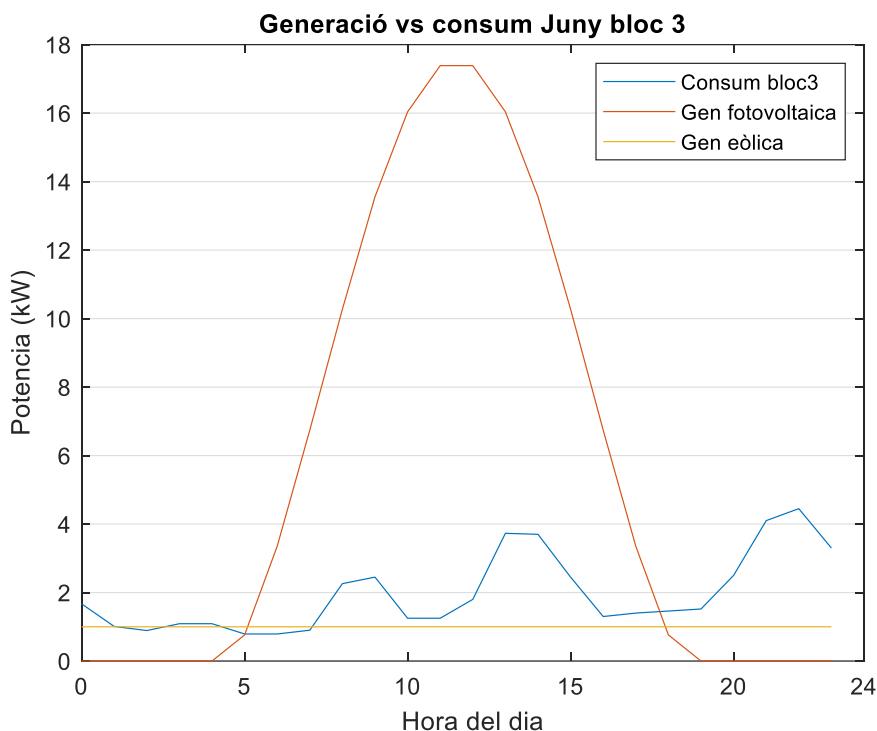


Il·lustració 90. Potència generada generació fotovoltaica juny - desembre

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Clarament no hi ha punt de comparació entre el mes que més es genera amb el que menys, la quantitat d'hores generant supera per molt les de desembre i sobretot que ho fa amb molta més potència.

A continuació podem veure la gràfica de generació contra el consum com s'ha fet en els exemples de desembre:



Il·lustració 91. Comparativa generació vs consum juny mitjà

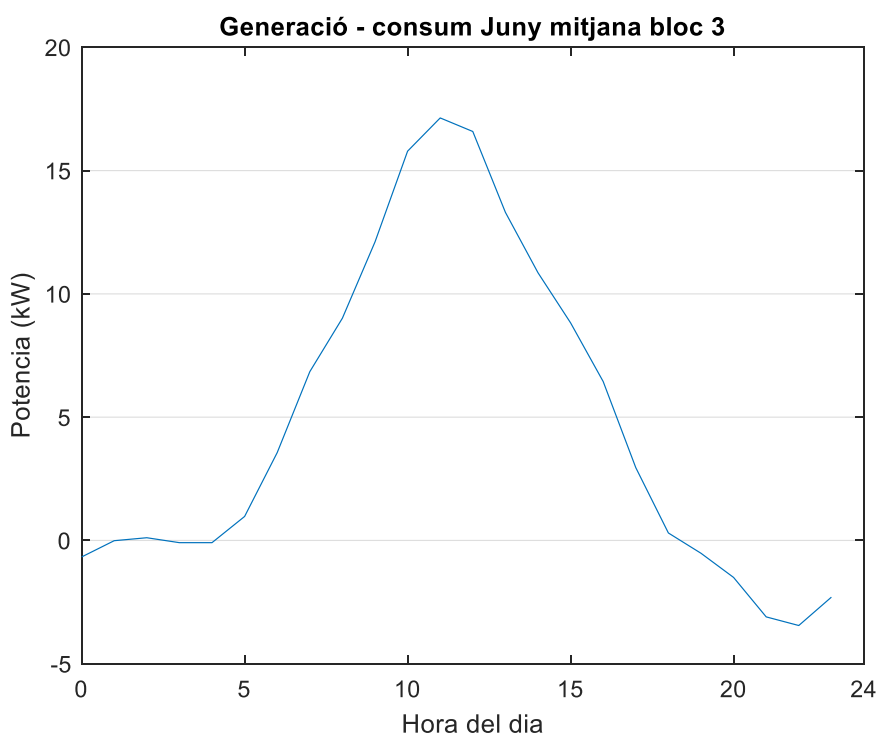
I les dades en format taula de la il·lustració 91:

Hora del dia	Generació bloc (kW)	Generació fotovoltaica (kW)	Generació eòlica bloc (kW)	Consum total bloc 3 (kW)
0 h – 1 h	0.00	0.00	1	1.67
1 h – 2 h	0.00	0.00	1	1.01
2 h – 3 h	0.00	0.00	1	0.89
3 h – 4 h	0.00	0.00	1	1.09
4 h – 5 h	0.00	0.00	1	1.09
5 h – 6 h	0.76	0.00	1	0.79
6 h – 7 h	3.35	0.00	1	0.79
7 h – 8 h	6.74	0.00	1	0.90
8 h – 9 h	10.27	0.00	1	2.26

9 h – 10 h	13.56	1	2.45
10 h – 11 h	16.04	1	1.25
11 h – 12 h	17.39	1	1.25
12 h – 13 h	17.39	1	1.80
13 h – 14 h	16.04	1	3.73
14 h – 15 h	13.56	1	3.70
15 h – 16 h	10.27	1	2.45
16 h – 17 h	6.74	1	1.30
17 h – 18 h	3.35	1	1.40
18 h – 19 h	0.76	1	1.46
19 h – 20 h	0.00	1	1.52
20 h – 21 h	0.00	1	2.50
21 h – 22 h	0.00	1	4.10
22 h – 23 h	0.00	1	4.45
23 h – 24 h	0.00	1	3.30

Taula 27. Dades numèriques de la il·lustració 91

Per veure-ho amb més claredat sumarem totes les generacions i les restarem del consum del bloc 3:



Il·lustració 92. Generació menys consum bloc 3 juny mitjà

I les respectives dades de la il·lustració 92:

Hora del dia	Consum menys generació mitjana juny bloc 3 (kW)
0 h – 1 h	-0.67
1 h – 2 h	-0.01
2 h – 3 h	0.11
3 h – 4 h	-0.09
4 h – 5 h	-0.09
5 h – 6 h	0.97
6 h – 7 h	3.56
7 h – 8 h	6.84
8 h – 9 h	9.01
9 h – 10 h	12.11
10 h – 11 h	15.79
11 h – 12 h	17.14
12 h – 13 h	16.59
13 h – 14 h	13.31
14 h – 15 h	10.86
15 h – 16 h	8.82
16 h – 17 h	6.44
17 h – 18 h	2.95
18 h – 19 h	0.30
19 h – 20 h	-0.52
20 h – 21 h	-1.50
21 h – 22 h	-3.10
22 h – 23 h	-3.45
23 h – 24 h	-2.30

Taula 28. Dades numèriques de la il·lustració 92

Clarament podem apreciar que la generació fotovoltaica en el bloc 3 és molt superior a la que hem vist al desembre pel gran increment de irradiació que tenim al juny. En canvi, s'ha vist lleugerament reduïda la generació eòlica ja que en els mesos d'estiu la velocitat del vent mitjà es redueix, tal com hem vist al punt 2.4.1 Estudi vent zona costera Garraf.

En el gràfic de la generació menys el consum podem apreciar que la gran majoria del dia estem o compensat o en positiu. El dèficit s'ha reduït moltíssim i el excedent és enorme. Pràcticament de les 1 h a les 19 h estem compensats o en positiu.

Això equivaldria a 18 hores del dia que no hauríem de necessitar les bateries de la comunitat i durant les 6 h a 7 h fins les 17 h a 18 h tenim un excedent de fins a 123.36 kWh que podem destinar a la càrrega dels vehicles elèctrics sense límits.

## 2.9 Estudi de la viabilitat econòmica de la comunitat

Finalment farem el estudi de la viabilitat econòmica de tots els costos que hi ha hagut per crear la comunitat d'habitatges enèrgicament independents de la xarxa i ho podem comparar amb el que costaria si no ens desconnectéssim de la xarxa amb les previsions del preu de la llum fets per la OMIE (Operador del mercado ibérico de energia):

Component	Temps de vida	Preu	Unitats instal·lació inicial	Cost instal·lació inicial	Unitats totals per 30 anys	Cost final 30 anys	
Mòduls Fotovoltaics Tiger Neo	35 anys	117.38 €	108	12,677.04 €	108	12,677.04 €	
Inversors Voltronic Axpert MAX	5 anys	1,194.37 €	9	10,749.33 €	54	64,495.98 €	
Bateries BYD LVS 12 kWh	15 anys	6,699.00 €	9	60,291.00 €	18	120,582.00 €	
Aerogenerador EcoSolar 48V	10 anys	1,315.00 €	18	23,670.00 €	54	71,010.00 €	
BYD Combiner Box	30 anys	388.88 €	3	1,166.64 €	3	1,166.64 €	
Gira KNX:	Gira S1	30 anys	708.93 €	1	708.93 €	1	708.93 €
	Gira X1	30 anys	750.64 €	1	750.64 €	1	750.64 €
	IP Router CL	30 anys	492.20 €	1	492.20 €	1	492.20 €
	KNX Smart meter	30 anys	219.08 €	36	7,886.88 €	36	7,886.88 €
	Gira Server	30 anys	8,000.00 €	1	8,000.00 €	1	8,000.00 €
	Gira manteniment anual	1 any	500.00 €	1	500.00 €	30	15,000.00 €
Wallbox Quasar-II	15 anys	4,500.00 €	1	4,500.00 €	2	9,000.00 €	
Wallbox Plus	15 anys	737.21 €	1	737.21 €	2	1,474.42 €	
BlackBull carregador industrial	15 anys	1,013.64 €	1	1,013.64 €	2	2,027.28 €	
Cost instal·lació panells + cablejat + posada en marxa	30 anys	18,000.00 €	1	18,000.00 €	1	18,000.00 €	
Pla de manteniment anual	1 any	2,000.00 €	1	2,000.00 €	30	60,000.00 €	
<b>Totals</b>			<b>193</b>	<b>153,143.51 €</b>	<b>344</b>	<b>393,272.01 €</b>	

Taula 29. Costos instal·lació i components comunitat d'habitatges

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

Primerament podem veure en la taula 29 tots els components i serveis que s'han hagut incloure per poder crear la comunitat d'habitatges amb l'esperança de vida de cada part i el seu preu.

Seguidament, tenim quantes unitats necessitem per poder crear la comunitat i posar-la en funcionament, amb el seu respectiu preu a continuació.

I per acabar, tenim a 30 anys vista, quantes unitats fan falta perquè la comunitat segueixi funcionant interrompudament, també, amb el preu total al cap d'aquest 30 anys.

D'aquesta forma ens queda un preu total de 380770.31 € al cap de 30 anys, que vindria a ser 21153.9 € per habitatge.

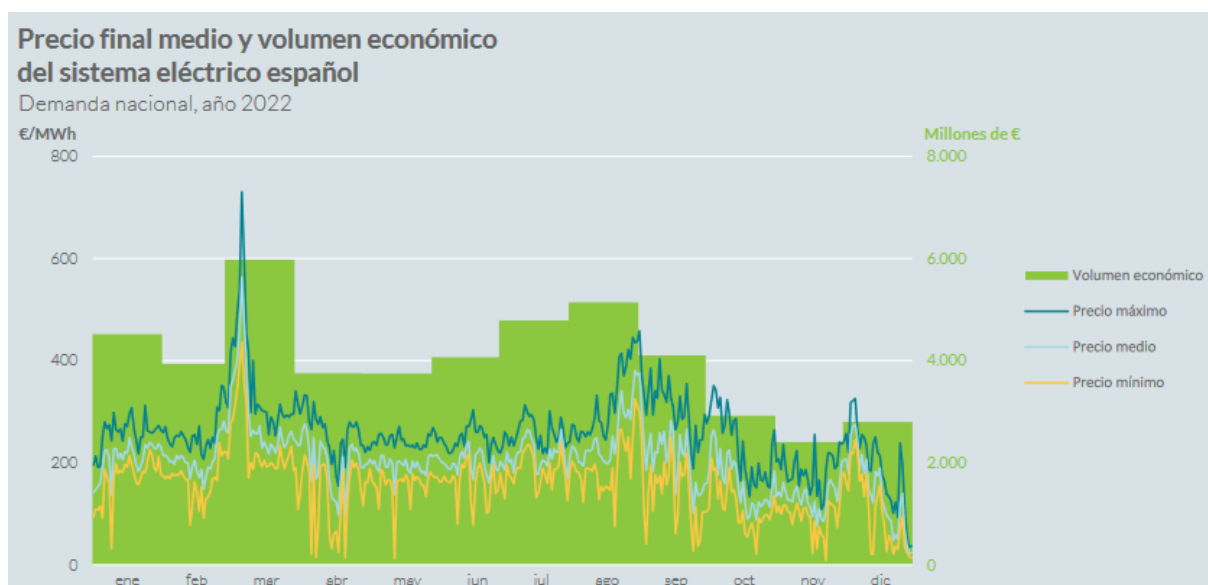
El cost de la instal·lació del carregador de vehicle elèctric amb la seva instal·lació anirà per compte del propietari que ho necessiti. Tal com es pot veure en la taula 29 els diferents preus dels dos tipus de Wallbox i del carregador industrial, així que no l'hem tingut en compte en la suma del preu total (per això no és el mateix de la taula)

Per desgracia les subvencions del ajuntament no estan disponibles a nivell actual del 2023, encara així, al seu una comunitat d'habitatges, en cas de sortir, només fan descompte del IBI en un 10% si es produeixen més de 7000 kWh per any, com és el nostre cas.

Així que revisant el cost que vaig tenir en l'habitatge particular (descrita en l'apartat 2.2.1 Estudi d'un habitatge unifamiliar particular) on vaig consumir en tot un any 2837 kWh (menor que la mitjana que hem utilitzat per fer tots els càlculs) equivalen a un total de 856.33 €

Que si ho extrapolem a 30 anys (en el cas de que el preu de la factura no variés en els proper anys) seria de 25689.9 €.

Però si revisem la previsió feta per la OMIE, on es preveu que el preu de la llum per els proper anys tingui una tendència baixista els resultats varien:



Il·lustració 93. Preu final mitjà i volum econòmic OMIE. Font: OMIE [31]

Com els estudis no especifiquen a quant podria baixar el preu de la llum, ni tampoc totes les incerteses que hi poden haver-hi, es fa una estimació d'un preu mitjà en els propers 30 anys de la llum a 0.10 €/kWh.

Això aplicat a les factures que hem mencionat anteriorment, on el preu mitjà era de 0.29 €/kWh i ara aplicat amb un preu de 0.10 €/kWh: Quedarien en total en un any per 539.49 €. Extrapolat a 30 anys amb aquest preu mitjà tindriem un total de 16184.7 €.

Les conclusions de la viabilitat econòmica no estan clares, ja que en gran mesura depenen del mercat de l'energia. Si comparem el cost calculat de la instal·lació de la comunitat amb la millor previsió de cost d'energia podem dir que tindrem un dèficit d'uns 4969,2 € per persona, però si tenim en compte que el mercat és inestable i de totes les variables que no hem tingut en compte:

- Augment de potències contractades
- Grans consums energètics deguts als vehicles elèctrics
- Inexistència d'un sistema de gestió eficient de l'energia

Fa que en resum la viabilitat de la nostra comunitat sigui molt més atractiva a nivell econòmic.

### 3 Conclusions

Després del estudi del mercat de forma intensa que s'ha fet hem pogut escollir a nivell fotovoltaic la millor tecnologia que hi ha present, amb una gran millora a nivell de prestacions, on la degradació amb els anys és cada cop menor i la potència subministrada és cada cop major. Gracies a aquestes, s'han pogut implementar en el estudi energètic de la nostra comunitat les paques fotovoltaiques de Jinko solar amb potència de 615 W.

Però no es la única font d'energia de la nostra comunitat, la necessitat de continuar generant energia en les hores que no ha generació solar ens ha portat a escollir també la energia eòlica. Aquesta font d'energia, amb el seu estudi en la zona del Garraf, hem pogut veure que tenim vents de classe mitjans-baixos durant casi tot l'any, el que ens ha fet escollir el aerogenerador EcoSolar que pot operar amb aquesta classe de vents i generar energia de forma constant durant tot el dia.

Encara així, la clau d'aquest projecte no és ni la energia fotovoltaica ni la energia eòlica, és la capacitat dels vehicles elèctrics en poder entregar energia als nostres habitatges per poder donar aquest plus que fa falta per tenir una comunitat d'habitatges energèticament independents.

La recerca de com introduir la tecnologia V2H a la nostra comunitat ha estat interesant i satisfactòria, ja que ens ha permès veure que si que és possible fer-ho però amb les seves limitacions, ja que per el mercat actual és una tecnologia molt nova i recent per poder-s'hi adaptar.

La viabilitat del V2H ha estat possible gracies als carregadors de la empresa catalana Wallbox amb l'aplicació de dos tipus de carregadors, el unidireccional per aquells que no disposen de vehicles amb V2H i carregadors bidireccionals per aquells que si. Encara que el desenvolupament del carregador bidireccional encara està en procés, hem pogut reunir-nos amb Wallbox per conèixer totes les peculiaritats d'aquest i aprendre com implementar-lo en la nostra comunitat.

La configuració energètica de la comunitat no ha estat tasca fàcil, ja que el fet de que s'hagués de distribuir l'energia entre 18 habitatges. Ha fet que arribem a la conclusió que sempre és molt més segur i fàcil de dissenyar 3 blocs de 6 que un de 18. També ens ha permès que els blocs no estiguin aïllats entre ells, ja que si per causes d'avaries o manteniments els habitatges sempre tenen una font d'energia "d'emergència". Hem pogut dimensionar els diferents inversors, que en total per bloc són tres en paral·lel, per a que l'energia generada sigui la necessària per tots el habitatges i que la sobrant es pogués emmagatzemar.

La recerca del sistema d'emmagatzemament va començar buscant un sistema sostenible de segona vida de les bateries del vehicle elèctric, però al final ens vam encaminar cap a bateries de liti de la marca BYD ja que el preu/qualitat era molt alt. Molt per sobre de les bateries de segona vida. Com la viabilitat energètica de la comunitat era el primer objectiu vam tenir que escollir la millor opció a nivell de preu/qualitat.

Però la configuració energètica no va acabar aquí, es va planificar i configurar un sistema de gestió intel·ligent per la nostra comunitat (HEMS) que li dones un plus de qualitat i òbviament, eficiència. La gestió intel·ligent de la comunitat fa possible qualsevol forma de programació per a que l'energia no es perdi i en tot moment s'estigui aprofitant tota l'energia disponible. Ja sigui per carregar bateries com per carregar els vehicle elèctrics. O en cas contrari que els vehicles elèctrics proporcionin energia en cas de bateries molt baixes.

Finalment gracies a tota la configuració energètica feta en aquest projecte hem analitzat la viabilitat energètica de la comunitat i hem vist que esta perfectament dissenyada per suportar sense problemes una generació mitjana d'un mes de desembre. Els problemes poden venir en episodis de tempesta o boires que poguessin durar més de dos dies, on és bastant improbable, però que portaria la viabilitat energètica al extrem, ja que les bateries nomes serien capaces d'aguantar dos dies amb tant poca generació.

De nou podem entrar en com de necessari és el vehicle elèctric per la nostra comunitat, ja que en aquests episodis seria totalment necessari que els vehicles elèctrics amb l'opció bidireccional proporcionessin energia a les bateries de la comunitat i d'aquesta forma es poguessin mantenir per més temps.

Per acabar hem calculat la viabilitat econòmica envers una comunitat normal de propietaris, on hem pogut analitzar els grans costos per poder-la formar però també al fer-se de forma comunitària i compartir molts dels equipament s'ha reduït molt el cost total. Com l'evolució del preu en el mercat no està gens clara, ja que hi ha molts condicionants que en un futur poden variar, s'han fet dos estudis, el primer on el preu es manté constant i el segon on el preu baixa.

S'ha pogut concloure que si el preu es manté com avui en dia la viabilitat econòmica de la comunitat està més que justificada, ja que el cost és redueix molt. Però en el cas que baixi, com preveu la OMIE, la viabilitat econòmica ja no està tant justificada, ja que el cost de la comunitat d'habitatges energèticament independents seria molt més car que no mantenir-se tal com està.

Encara així les avantatges són moltes, ja que es mantindria la comunitat aïllada de les fluctuacions de la xarxa elèctrica, i tots els imprevistos serien previsibles. Tots els canvis necessaris es podrien fer de forma local per la millora de la comunitat, perquè la previsió és que també la tecnologia segueixi millorant de forma dràstica tal com ha fet durant els últims anys, i la possibilitat de emmagatzemar molta més energia a un preu més baix fos possible. O la capacitat de generar molta més energia amb el mateix espai.

## 4 Referències

- [1] Observatori de l'autoconsum a Catalunya: <https://icaen.gencat.cat/ca/energia/autoconsum/Observatori-de-lautoconsum-a-catalunya/>
- [2] Red elèctrica espanyola: <https://www.ree.es/es/datos/generacion/evolucion-renovable-no-renovable>
- [3] Sede online del Catastro: <https://www.sedecatastro.gob.es/>
- [4] Portal de estadístiques: <https://es.statista.com/estadisticas/729638/numero-anual-de-vehiculos-electricos-matriculados-espana/>
- [5] Portal Endesa clients: <https://www.endesaclientes.com/>
- [6] Ali Keyhani. (2011) Design of smart power grid renewable energy systems. Canada: A JOHN WILEY & SÓNS, INC., PUBLICATION.
- [7] Aleo Solar Portal Blog: <https://www.aleo-solar.com>
- [8] Agencia estatal de meteorologia: [https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas\\_radiacion\\_solar](https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar)
- [9] Climate reports de arreu del mon: <https://Weatherspark.com>
- [10] Fabricant i creador de software solar: <https://www.solmetric.com/annualinsolation-us.html>
- [11] Mapes meteorològics: [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/archive/windrose/garraf\\_espa%C3%B1a\\_3121557](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/archive/windrose/garraf_espa%C3%B1a_3121557)
- [12] Botiga online renovables: <https://www.damiasolar.com/aerogeneradores/>
- [13] Seu empresa Wallbox: <https://wallbox.com>
- [14] Clean energy reviews: <https://www.cleanenergyreviews.info>
- [15] Voltronic Power Power products: <https://voltronicpower.com/en-US/Product/Detail/Axpert-MAX-E-Duplex-11KW>
- [16] Ministeri d'indústria, comerç i turisme: [https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/bt/guia\\_bt\\_25\\_jul12R2.pdf](https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/bt/guia_bt_25_jul12R2.pdf)
- [17] Aerogeneradors Bornay: <https://www.bornay.com>
- [18] Beebattery segona vida a les bateries: <https://beeplanetfactory.com/>
- [19] BYD fabricant de bateries i vehicles elèctrics: [https://www.bydbatterybox.com/uploads/downloads/201015\\_Premium\\_Datasheet\\_LVS%20V2.1%20ESP-5fa4bae2dd8e1.pdf](https://www.bydbatterybox.com/uploads/downloads/201015_Premium_Datasheet_LVS%20V2.1%20ESP-5fa4bae2dd8e1.pdf)
- [20] Apunts Energy Storage and Conversion. Mev-tech 2022-2023
- [21] Proveïdor de components i renovables: [https://bateriasindusolar.com/?s=blackbull&post\\_type=product&product\\_cat=0](https://bateriasindusolar.com/?s=blackbull&post_type=product&product_cat=0)
- [22] Portal del comerç Aliexpress: <https://es.aliexpress.com/item/1005004933761105.html?gatewayAdapt=glo2esp>
- [23] GridX home energy management system "HEMS": <https://www.gridx.ai/use-cases/home-energy-management-system>
- [24] Innovació per una casa intel·ligent. Gira: <https://www.gira.com/>
- [25] Portal del proveïdor ISE per KNX: <https://www.ise.de/en/>
- [26] Solucions tecnològiques per la llar Zennio: <https://www.zennio.com/es/producto/ip-router-cl>
- [27] Proveïdor de solucions elèctriques Hager: <https://www.hager-bocchiotti.it/news/novita-prodotto/nuova-interfaccia-knx-per-contatori-di-energia>
- [28] Proveïdor de productes industrials ABB: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107680A2507&LanguageCode=es&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [29] Power tech Systems enfocats en el estudi del lití: <https://www.powertechsystems.eu/home/tech-corner/lithium-iron-phosphate-lifepo4/>

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H

- [30] John G. Hayes, G. Abas Goodarzy. (2018) Electric powertrain energy systems, power electronics & drives for hybrid, electric & fuel cell vehicles, 2018, John Wiley & Sons Ltd.
- [31] Operador del Mercado Ibérico de Energía: <https://www.omie.es/sites/default/files/2023-02/Informe%20Anual%202022%20ESP.pdf>
- [32] Atlas de la radiació solar a Catalunya: <https://icaen.gencat.cat/es/detalls/publicacio/Atlas-de-radiacio-solar-a-Catalunya-00003>
- [33] Dades de les estacions automàtiques de Catalunya: <https://www.meteo.cat/observacions/xema>
- [34] Medi ambient i sostenibilitat Gencat: [https://mediambient.gencat.cat/ca/05\\_ambits\\_dactuacio/](https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/)
- [35] BYD Combiner Box: [https://www.bydbatterybox.com/uploads/downloads/210423%20Premium%20HVS\\_HVM%20ombiner%20Box%20V1.3%20ES-6088f0f0141e0.pdf](https://www.bydbatterybox.com/uploads/downloads/210423%20Premium%20HVS_HVM%20ombiner%20Box%20V1.3%20ES-6088f0f0141e0.pdf)
- [36] Jinko Solar Datasheet, Tiger Neo 615W: <https://jinkosolar.eu/wp-content/uploads/JKM615-635N-78HL4-V-F3C1-EN.pdf>

## 5 ANNEX 1 – Detall del consum individual de cada habitatge de la comunitat

A continuació veurem habitatge per habitatge, ordenat per blocs, el detall del consum i les característiques d'aquest habitatge per treure el perfil adequat amb les seves característiques.

Casa11: Habitatge amb un sol inquilí.



Il·lustració 94 Consum casa11 diari

Lo que fa un total de 7.39 kWh de consum mitjà diari.

**Casa12: Habitatge amb quatre inquilins: Dos adults i dos nens.**



Il·lustració 95 Consum casa12 diari

Lo que fa un total de 8.80 kWh de consum mitjà diari.

**Casa13: Habitatge amb dos inquilins.**



Il·lustració 96 Consum casa13 diari

Lo que fa un total de 7.00 kWh de consum mitjà diari.

**Casa14: Habitatge amb un sol inquilí.**

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H



Il·lustració 97 Consum casa14 diari

Lo que fa un total de 6.56 kWh de consum mitjà diari.

Casa15: Habitatge amb dos inquilins.



Il·lustració 98 Consum casa15 diari

Lo que fa un total de 7.07 kWh de consum mitjà diari.

Casa16: Habitatge amb tres inquilins: Dos adults i un nen.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H



Il·lustració 99 Consum casa16 diari

Lo que fa un total de 7.37 kWh de consum mitjà diari.

Casa21: Habitatge amb tres inquilins: Dos adults i un nen.



Il·lustració 100 Consum casa21 diari

Lo que fa un total de 7.24 kWh de consum mitjà diari.

Casa22: Habitatge amb dos inquilins.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H



Il·lustració 101 Consum casa22 diari

Lo que fa un total de 7.22 kWh de consum mitjà diari.

Casa23: Habitatge amb dos inquilins.



Il·lustració 102 Consum casa23 diari

Lo que fa un total de 8.35 kWh de consum mitjà diari.

Casa24: Habitatge amb dos inquilins.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H



Il·lustració 103 Consum casa24 diari

Lo que fa un total de 7.10 kWh de consum mitjà diari.

Casa25: Habitatge amb un inquilí.



Il·lustració 104 Consum casa25 diari

Lo que fa un total de 6.65 kWh de consum mitjà diari.

Casa26: Habitatge amb tres inquilins: Dos adults i un nen.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H



Il·lustració 105 Consum casa26 diari

Lo que fa un total de 7.45 kWh de consum mitjà diari.

Casa31: Habitatge amb dos inquilins.



Il·lustració 106 Consum casa31 diari

Lo que fa un total de 6.99 kWh de consum mitjà diari.

Casa32: Habitatge amb quatre inquilins: Dos adults i dos nens.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H



Il·lustració 107 Consum casa32 diari

Lo que fa un total de 9.32 kWh de consum mitjà diari.

Casa33: Habitatge amb dos inquilins.



Il·lustració 108 Consum casa33 diari

Lo que fa un total de 7.01 kWh de consum mitjà diari.

Casa34: Habitatge amb tres inquilins: Dos adults i un nen.

Creació d'una comunitat d'habitatges enèrgicament independents amb la inclusió de tecnologies renovables i V2H



Il·lustració 109 Consum casa34 diari

Lo que fa un total de 7.50 kWh de consum mitjà diari.

Casa35: Habitatge amb dos inquilins: Un adult i un nen.



Il·lustració 110 Consum casa35 diari

Lo que fa un total de 7.03 kWh de consum mitjà diari.

Casa36: Habitatge amb quatre inquilins: Dos adults i dos nens.



Il·lustració 111 Consum casa36 diari

Lo que fa un total de 9.30 kWh de consum mitjà diari.

## 6 ANNEX 2 – Millores de les eficiències energètiques per a la comunitat

Per millorar l'eficiència dels habitatges de la nostra comunitat es farà èmfasis en les següents millores amb l'objectiu d'aconseguir una millor sostenibilitat amb el medi ambient i una reducció dràstica en el consum dels habitatges:

### 1. Geotèrmia:

La geotèrmia és una tecnologia que aprofita la calor natural de la Terra per a diversos usos energètics, proporcionant una font d'energia renovable i neta. Tant es pot aprofitar a l'estiu com a l'hivern, ja que el sòl sempre es manté a una temperatura regulada.

**Calefacció geotèrmica:** Mitjançant sistemes de bombes de calor geotèrmiques, s'extreu calor del subsol durant els mesos d'hivern per a escalfar els habitatges. Aquest procés és altament eficient, ja que aprofita la temperatura constant del subsol, independentment de les condicions atmosfèriques exteriors.

**Refredament geotèrmic:** A l'estiu, es pot utilitzar el subsol com a magatzem de calor per a emmagatzemar l'excés de calor dels edificis i refredar-los, reduint així la necessitat d'usar sistemes tradicionals d'aire condicionat que consumeixen molta energia.

## 2. Energia solar tèrmica:

L'energia solar tèrmica és una tecnologia que aprofita la radiació solar per a generar calor i així, proporcionar aigua calenta i altres aplicacions tèrmiques. Aquesta aigua s'emmagatzema en un dipòsit tèrmic, que tant es pot trobar a la teulada del edifici com a l'interior. L'opció més comú és en la teulada per aprofitar la força de gravetat.

L'energia solar tèrmica també poden escalfar l'aigua de les piscines, permetent allargar la temporada de bany i també reduir els costos de calefacció tradicional, ja que pot ser integrada en els sistemes de calefacció per a proporcionar calor a l'interior dels edificis.

## 3. Aïllament tèrmic:

L'aïllament tèrmic és un conjunt de materials i tècniques dissenyades per a reduir la transferència de calor entre l'interior i l'exterior dels edificis. Això té com a resultat una major eficiència energètica i un millor confort interior.

Els habitatges de la comunitat tenen un aïllament bastant dolent i hi ha gran pèrdua d'energia, es poden utilitzar materials com la fibra de vidre, el poliuretà per aïllar parets, sostres o teulades. De la mateixa forma que s'han d'instal·lar finestres amb doble vidre i portes que no permetin el pas d'aire.