

Treball de Fi de Grau/Màster

**MUEI**

**Estudi de la viabilitat econòmica de la generació  
d'energia fotovoltaica a les cobertes de l'Eixample**

**MEMÒRIA**

**Autor:** Pol Alemany i Armelles  
**Director:** Eduard Bullich Massagué  
**Convocatòria:** 09/2021



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Industrial de Barcelona





## Resum

El canvi climàtic és una realitat acceptada i confirmada per tota la comunitat científica internacional, que reclama actuacions fermes per la descarbonització del planeta, sent necessari prendre decisions dràstiques a nivell mundial, com reduir les emissions de CO<sub>2</sub> i invertir més recursos en energies renovables.

L'objectiu principal d'aquest estudi és donar resposta a la població a la pregunta sobre la viabilitat d'instal·lar plaques solars fotovoltaïques a les cobertes. Aquest estudi se centra en el barri de l'Eixample de Barcelona, ja que gràcies a la seva estructura modular és més fàcil extrapolar els resultats.

A través d'una base de dades creada especialment per aquest treball, s'ha caracteritzat un bloc tipus de l'Eixample que serà l'objecte del nostre estudi. En aquest bloc es definirà el consum energètic, el nombre d'habitatges i l'energia generada per aconseguir la configuració que obté un millor rendiment econòmic.

Les hipòtesis realitzades en el bloc tipus, s'han aplicat per simular altres configuracions diferents a la del bloc tipus, diferents superfícies útils, consums i bateries, així com també s'han aplicat les hipòtesis al concepte de micro-xarxa energètica, on es valorarà l'impacte econòmic.

## Resumen

El cambio climático es una realidad aceptada y confirmada por toda la comunidad científica internacional, que reclama actuaciones para la descarbonización del planeta, siendo necesario tomar decisiones drásticas a nivel mundial como reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> e invertir más recursos en energías renovables

El objetivo principal de este estudio es dar respuesta a la población a la pregunta sobre la viabilidad de instalar placas solares fotovoltaicos en las cubiertas. Este estudio se ha centrado en el barrio del Eixample de Barcelona, ya que su estructura modular hace más fácil la extrapolación de los resultados.

A través de una base de datos creada especialmente para este trabajo, se ha caracterizado un bloque tipo del Eixample que será el objeto de nuestro estudio. En este bloque se definirá el consumo energético, el número de viviendas y la energía generada para conseguir la configuración que obtiene un mayor rendimiento económico.

Las hipótesis realizadas en el bloque tipo, se han aplicado para simular otras configuraciones diferentes a la del bloque tipo, diferentes superficies útiles, consumos y baterías, así como también se han aplicado las hipótesis al concepto de microred energética, donde se valorará el impacto económico.

## **Abstract**

The climate change is a reality accepted and confirmed by the whole International scientific community, which is asking for actions to be taken for decarbonizing the planet, being necessary to take worldwide heavy measures like lowering the number of CO<sub>2</sub> emissions and investing more resources to renewable energies.

The main objective of this study is to give an answer to the population to the question of the economic viability to install photovoltaic panels to the rooftops. The study is focused in Eixample neighborhood because of its modular structure which makes easier to extrapolate the results.

Towards a specific database created for this project a block type in Eixample is defined to be the object of this study. In this block the energetic consumption, the number of apartments and the energy generated will be defined to accomplish the best setting which will be the one with the best economic rate.

The hypothesis made for the block type, will be used to simulate different settings from the ones in block type with different useful surfaces, consumptions and batteries, so the hypothesis had been applied to the microgrid concept, where the economic impact will be also considered.

# Sumari

<b>SUMARI</b>	<b>5</b>
<b>1. GLOSSARI</b>	<b>12</b>
<b>2. PREFACI</b>	<b>13</b>
2.1. Motivació	13
<b>3. INTRODUCCIÓ</b>	<b>15</b>
3.1. Objectius del projecte	15
3.2. Abast del projecte	15
<b>4. MARC NORMATIU</b>	<b>17</b>
<b>5. INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA PER A UN HABITATGE</b>	<b>19</b>
5.1. Components d'una instal·lació fotovoltaica	19
5.1.1. Estructura dels mòduls fotovoltaics	19
5.1.2. Panell fotovoltaic	19
5.1.3. Inversors / Onduladors	20
5.1.4. Instal·lació elèctrica	22
5.1.5. Armari de comptadors i interconnexió amb la la distribuïdora elèctrica	25
5.1.6. Presa a terra	25
5.1.7. Altres elements que pot requerir una instal·lació d'autoconsum	26
5.1.8. Possibilitats d'injecció dels excedents a la xarxa	27
5.2. Factura elèctrica	28
5.2.1. Càlcul d'una factura elèctrica	31
<b>6. MODEL DE BLOC DE PISOS TIPUS</b>	<b>33</b>
6.1. Obtenció de dades	33
6.2. Anàlisi de les dades	35
6.3. Consum energètic del bloc tipus	41
<b>7. ESTUDI DE LA VIABILITAT ECONÒMICA DEL BLOC TIPUS</b>	<b>46</b>
7.1. Simulació de l'energia generada en un bloc de pisos tipus mitjançant el programa <i>PVSyst</i>	46
7.2. Càlcul de les necessitats energètiques mitjançant <i>Excel</i>	51
7.3. Càlcul de l'estalvi econòmic de la instal·lació	56
7.4. Càlcul del cost de la instal·lació	58
7.4.1. Justificació de preus dels elements de la instal·lació	59

7.4.1.7. Bateries.....	66
7.4.2. Pressupost.....	67
7.4.3. Cost de Manteniment.....	67
7.5. Indicadors econòmics de la instal·lació .....	68
<b>8. COMPARATIVA DELS DIFERENTS ESCENARIS DEL BLOC TIPUS</b>	<b>69</b>
8.1. Comparativa Energia de Barcelona vers Bloc tipus.....	71
<b>9. ANÀLISI DE VIABILITAT ECONÒMICA A L'EIXAMPLE</b>	<b>74</b>
9.1. Aplicatiu per a fer simulacions .....	83
<b>10. INTRODUCCIÓ AL CONCEPTE DE MICRO-XARXA ENERGÈTICA</b>	<b>85</b>
10.1. Model energètic actual.....	85
10.2. Introducció al concepte de comunitat energètica.....	86
10.2.1. Marc normatiu europeu. Definicions.....	86
10.2.2. Marc normatiu estatal i municipal.....	87
10.2.3. Funcionament d'una comunitat energètica .....	88
10.2.4. Aplicació de la comunitat energètiques.....	89
10.2.5. Agents del mercat local.....	91
<b>11. APLICACIÓ DEL CONCEPTE DE MICRO-XARXA A UN BLOC DE L'EIXAMPLE</b>	<b>92</b>
11.1. Subjecte d'estudi de la micro-xarxa .....	92
11.2. Simulació energètica d'una illa de l'Eixample .....	93
<b>12. IMPACTE AMBIENTAL</b>	<b>97</b>
<b>13. PRESSUPOST</b>	<b>98</b>
<b>CONCLUSIONS</b>	<b>99</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>101</b>
Referències bibliogràfiques .....	101

## Índex de taules

Taula 1. Tipus de panells	20
Taula 2. Tipus d'inversors (I)	21
Taula 3. Tipus d'inversors (II)	21
Taula 4. Carecterístiques de les bateries	27
Taula 5. Base de dades del número d'habitants per illa	44
Taula 6. Factor de simultaniïetat.	45
Taula 7. Resultats per les diferents simulacions amb un azimuth de 45°	51
Taula 8. Resultats per les diferents simulacions amb un azimuth de -45°	51
Taula 9. Diferents franges de consum energètic	53
Taula 10. Percentatges de consums segons la potència instal·lada	54
Taula 11. Pressupost (I)	59
Taula 12. Pressupost (II)	60
Taula 13. Pressupost (III)	60
Taula 14. Pressupost (IV)	60
Taula 15. Pressupost (V)	61
Taula 16. Pressupost (VI)	61
Taula 17. Pressupost (VII)	62
Taula 18. Pressupost (VIII)	62
Taula 19. Pressupost (IX)	62
Taula 20. Pressupost (X)	63
Taula 21. Pressupost (XI)	63

Taula 22. Pressupost (XII)	64
Taula 23. Pressupost (XIII)	64
Taula 24. Pressupost (XIV)	65
Taula 25. Pressupost (XV)	65
Taula 26. Pressupost (XVI)	65
Taula 27. Pressupost (XVII)	66
Taula 28. Pressupost (XVIII)	66
Taula 29. Cost de manteniment desglossat	67
Taula 30. Comparativa -45°	70
Taula 31. Comparativa 45°	70
Taula 32. Energia de Barcelona vers Bloc tipus	72
Taula 33. Ratios	73
Taula 34. Per definir el nº de habitatges per bloc	77
Taula 35. Variables a definir en la configuració de la instal·lació	77
Taula 36. Simulació 24 per el cas d'una bateria de 660 Ah	77
Taula 37. Resultats de la simulació de la generació d'energia	78
Taula 38. Consum i generació energètica de l'illa escollida	94
Taula 39. Consum i generació de l'illa escollida. Nova configuració.	95
Taula 40. Estalvi de CO <sub>2</sub> generat per les plaques fotovoltaïques	97
Taula 41. Pressupost del projecte	98



## Índex de figures

Figura 3-1. Mapa per districtes de Barcelona i divisió de l'Eixample	16
Figura 5-1. Esquema de la instal·lació sense injecció a la xarxa	28
Figura 5-2. Factors que intervenen en la factura elèctrica	30
Figura 5-3. Franges horàries segons el tipus de tarifa.	31
Figura 5-4. Dades de la factura elèctrica	31
Figura 6-1. Mapa interreactiu de l'energia de Barcelona	33
Figura 6-2. Dades qualitatives de superfície	33
Figura 6-3. Histograma de valors	37
Figura 6-4. Gràfic de valors individuals	38
Figura 6-5. Gràfic de valors individuals després del filtrat	38
Figura 6-6. Les 4 superfícies que pertanyen a un mateix bloc.	39
Figura 6-7. Coberta d'un pati interior.	40
Figura 6-8. Histograma de superfície ordenado_1.	40
Figura 6-9. Consum mig mensual	42
Figura 6-10. Consum energètic segons la potència instal·lada	43
Figura 7-1. Orientació de les plaques i illa de l'Eixample encarada al nord	46
Figura 7-2. Rendiment d'una placa fotovoltaica en funció del grau d'inclinació	47
Figura 7-3. Esquema d'una instal·lació fotovoltaica	48
Figura 7-4. Disposició de les plaques solars amb un angle d'inclinació de 20°	50
Figura 7-5. Disposició de les plaques solars amb un angle d'inclinació de 0°	50
Figura 7-6. Corbes de generació energètica horaria produïda per plaques fotovoltaiques vers el consum energètic horari	52

Figura 7-7. Codi per a programar el consum horari	55
Figura 8-1. Cruïlla del carrer Diputació amb el carrer Bailen	71
Figura 8-2. Cruïlla del carrer Villaroel amb el carrer Aragó	71
Figura 9-1. Rendiment econòmic de la bateria (genèric)	76
Figura 9-2. Simulació 8	78
Figura 9-3. Simulació 10	79
Figura 9-4. Simulació 12	79
Figura 9-5. Simulació 14	80
Figura 9-6. Simulació 16	81
Figura 9-7. Simulació 20	81
Figura 9-8. Simulació 24	82
Figura 9-9. Simulació 28	82
Figura 9-10. Mapa de color de la viabilitat de realitzar la instal·lació	83
Figura 9-11. Pestanya "Dades" de l'aplicatiu	84
Figura 10-1. Ordre de transmissió de l'energia.	86
Figura 10-2. Esquema dels elements que formen part d'una Micro-xarxa	89
Figura 11-1. Illa de l'Eixample	92
Figura 11-2. Resum dels resultats de l'illa escollida.	94
Figura 11-3. Resums dels resultats de l'illa Escollida. Nova configuració.	95

## Índex d'equacions

Equació 1. Càlcul del terme de potència	31
Equació 2. Càlcul del cost energètic en el període pic	32
Equació 3. Càlcul del cost energètic en el període vall	32
Equació 4. Càlcul de l'impost sobre l'electricitat	32
Equació 5. Càlcul del cost del lloguer de l'equip de mesura	32
Equació 6. Càlcul de l'IVA	32
Equació 7. Càlcul del cost total de la factura elèctrica	32
Equació 8. Consum mensual per habitatge	43
Equació 9. Càlcul de la generació d'energia fet pel PVSyst	46
Equació 10. Cost del consum elèctric	56
Equació 11. Estalvi directe	56
Equació 12. Estalvi indirecte	57
Equació 13. Conversió de Wats a Ampers	58
Equació 14. Capacitat bateria	58
Equació 15. Vida útil de la bateria	58
Equació 16. VAN. Valor Actual Net	68
Equació 17. TIR. Tasa Interna de Retorn	68
Equació 18. Radiació incident en percentatge	93

# 1. Glossari

CA: Corrent Altern

CC: Corrent Continu

nZEB: Nearly Zero Energy Building

PVP: Preu Venta Públic

UX: User eXperience

## 2. Prefaci

En els darrers deu anys el grau de rellevància de les energies renovables ha crescut exponencialment en tots els àmbits, des del nombre d'empreses que han fet inversions amb el propòsit d'obrir-se en aquest nou mercat, pel simple fet d'aprofitar el béns produïts per les energies renovables. També ha augmentat el nivell de conscienciació de la societat en general, fins a tal extrem que avui en dia la majoria de partits polítics tenen directrius al respecte i uns objectius de com volen afrontar la coneguda "transició energètica".

Tot i així, tot allò que envolta el món de les energies renovables no és meravellós i fantàstic, i com totes les coses que esdevenen mediàtiques, són armes de doble fil. Amb aquesta afirmació, el que es vol deixar constància, és que existeix una profunda desinformació en els mitjans de comunicació, que aprofiten la bona connotació social que té l'aprofitament d'aquest recursos energètics. Existeixen alguns casos paradigmàtics, com el de grans corporacions empresarials, conegudes per explotar recursos no-renovables i que decideixen realitzar grans inversions en energies renovables per millorar la seva imatge. Un exemple podria ser BP (British Petroleum), després de l'accident que va tenir al Golf de Mèxic on es va produir l'abocament més gran de cru al mar de tota la història. Un altre seria *Volkswagen* amb el famós cas del *Dieseldgate*.

L'últim que m'agradaria nomenar és l'impost del sol que va implementar a Espanya el Partit Popular l'any 2015. Aquesta taxa s'aplicava sobre la potència instal·lada i sobre l'energia auto-consumida i així es frenava als particulars la possibilitat d'obtenir beneficis econòmics en cas d'instal·lar plaques solars a casa seva. I desgraciadament com aquests casos existeixen molts més.

### 2.1. Motivació

En el marc plantejat anteriorment surt l'origen d'aquest projecte, que és intentar ser partícip de forma activa en la transició energètica. Per això, aquest treball es un estudi que aborda una proposta de solució energètica "verda" novedosa per a la ciutat de Barcelona. Consisteix en la instal·lació de plaques solars a les cobertes del barri de l'Eixample. En aquest sentit, l'Ajuntament de Barcelona ha dotat una part del seu pressupost municipal amb subvencions específiques per aquest tipus d'instal·lacions, tot i què no és suficient per fer front a la demanda de cobertes que existeix a la ciutat. També algunes empreses del sector, com HolaLuz, han fet alguna proposta en aquest sentit.

Per tant, l'ànima d'aquest treball és proporcionar un estudi que demostrï en quins casos és viable i eficient posar plaques solars sense necessitat d'iniciatives públiques ni privades, per

tal que la ciutadania i el conjunt de la societat pugui tenir la informació necessària per dur a terme iniciatives pròpies per tal de fer instal·lacions de plaques solars fotovoltaïques.

## 3. Introducció

### 3.1. Objectius del projecte

Aquest treball, té dos objectius principals. El primer d'ells és aportar evidència sobre la viabilitat econòmica de la instal·lació de plaques solars fotovoltaiques a les cobertes dels edificis del barri de l'Eixample de Barcelona. El segon objectiu consisteix en aplicar els resultats de l'estudi de viabilitat al concepte de micro-xarxa elèctrica, proposant un model energètic lluny de les grans distribuïdores elèctriques que és el que existeix avui a Espanya i que vagi en la línia de la transició energètica cap a un model més "verd".

Per desenvolupar aquests objectius principals es plantegen els següents subobjectius:

- 1- Entendre el funcionament global d'una instal·lació fotovoltaica, dels diferents elements que la conformen i de la seva funcionalitat i importància.
- 2- Ser capaç de dimensionar una instal·lació fotovoltaica en tots els aspectes, tant tècnics com econòmics, amb l'objectiu de reproduir la tasca que faria una empresa d'enginyeria que abordés un projecte real. És per això que s'utilitzarà el software *PVsyst*, per a realitzar les simulacions fotovoltaiques, i el programa *Excel*, per a fer els càlculs necessaris.
- 3- Posar en pràctica les eines informàtiques de programació que permetin la creació d'una base de dades a través de la importació d'unes dades d'una pàgina web, és a dir, crear un *DataSet*.

Per finalitzar i com a darrer objectiu personal, voldria que aquest projecte servís com a font de coneixement per a la creació d'un model de negoci responsable i ètic que pugui posar en marxa els objectius plantejats, donat l'esforç realitzat per obtenir uns resultats tècnics el més acurats possibles, utilitzant fonts d'informació fiables.

### 3.2. Abast del projecte

Com s'ha comentat, l'estudi es farà sobre la ciutat de Barcelona, concretament del barri de l'Eixample, *Figura 3-1*, i la pregunta seria, per què?

La tria d'aquest emplaçament es basa en que Barcelona és la ciutat més poblada de Catalunya, per tant, és on hi ha més demanda energètica, i a més a més ja està dotada de tota la instal·lació elèctrica que pugui requerir la xarxa, és al dir, no s'està plantejant la

construcció d'un camp de plaques en un entorn com podria ser La Plana de Lleida, on probablement no hi hagi cap punt de connexió a la xarxa en uns quants kilòmetres a la rodona. La possibilitat de realitzar una nova instal·lació en un emplaçament ja construït és molt més atractiva, al no modificar l'emplaçament, que ja està edificat, no destrueix el medi i, en el cas de Barcelona, la zona que ocupa és molt gran, de 101,9 km<sup>2</sup> amb una superfície de captació de 7,9 km<sup>2</sup>, amb la possibilitat de generar 1191 GWh/any, aproximadament el 60% de la demanda de la ciutat (Ajuntament de Barcelona, s.f.).

S'ha escollit el districte de l'Eixample per tres motius, primer perquè és el barri amb més població i més densitat de Barcelona, per tant, a més població, més demanda energètica. Segonament, per la seva estructura modular, és a dir, la major part de les illes de l'Eixample són iguals, amb un nombre similar de parcel·les per illa, amb una alçada similar i amb la mateixa orientació al sol. Això implica que els càlculs fets per un bloc de pisos tipus, poden servir per la resta d'edificis, sense fer grans modificacions. Si aquest fet s'extrapola a les diferents illes, l'error que es produeix és més petit. Per últim, tot i no ser el barri de més gran extensió, és el segon districte amb superfície urbanitzada i per tant implica més espai per instal·lar plaques fotovoltaïques

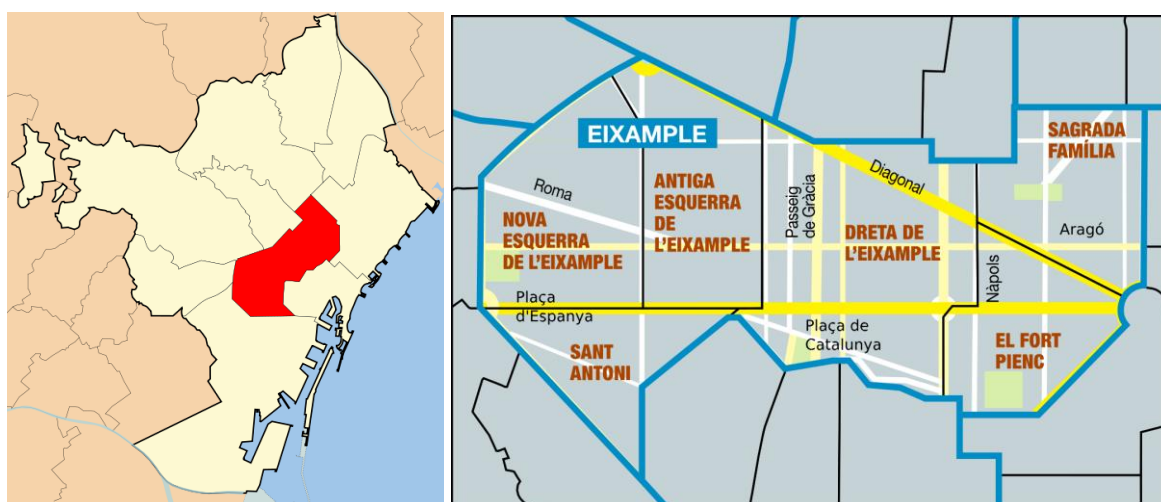


Figura 3-1. Mapa per districtes de Barcelona i divisió de l'Eixample



## 4. Marc normatiu

EL primer punt és conèixer quin és el marc legal d'aquest projecte, per tant es dedicaran unes pàgines a explicar quina normativa és aplicable a les instal·lacions fotovoltaïques, quins són els aspectes tècnics que ha de complir i quins són els procediments que s'han de dur a terme per tal de legalitzar tota la instal·lació.

### Normativa vigent

Les instal·lacions solars fotovoltaïques com a instal·lacions generadores d'electricitat en baixa tensió estan subjectes al Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió (REBT) i més específicament a la Instrucció Tècnica ITC-BT-40, Instal·lacions generadores en baixa tensió, en la qual s'identifiquen les tipologies de generadors en baixa tensió següents:

- **Instal·lacions generadores aïllades de la xarxa elèctrica.** Aquestes instal·lacions no presenten cap tipus de connexió amb la xarxa elèctrica i corresponen a sistemes autònoms de generació d'electricitat.
- **Instal·lacions generadores assistides.** Aquesta configuració correspon a equips de suport que actuen en cas de fallada de subministrament elèctric i/o manca de potència elèctrica. En tot cas, no es permet que el generador elèctric treballi en paral·lel amb la xarxa de distribució elèctrica.
- **Instal·lacions generadores interconnexionades a la xarxa elèctrica.** Són instal·lacions que habitualment estan interconnectades amb la xarxa elèctrica i hi treballen en paral·lel.

Tot i haver aquestes tres categories, es tindrà en compte només el tercer tipus, que és el tipus d'instal·lació que s'estudiarà en l'anàlisi de viabilitat econòmica.

La normativa aplicable a les instal·lacions solars fotovoltaïques no presenta diferències importants respecte a les normes aplicables a la resta d'instal·lacions elèctriques i, en general, estan subjectes al REBT. Tot i això, les instal·lacions fotovoltaïques d'una potència superior a 100 kW i/o interconnectades a una xarxa de distribució amb una tensió superior a 1 kV (xarxa d'AT) també estan subjectes al Reglament d'Instal·lacions Elèctriques d'Alta Tensió (REAT). En el nostre estudi no és d'aplicació, ja que com a màxim s'instal·larà una potència de 15kW per estar dins del règim d'autoconsumi d'energia.

Adicionalment, totes les instal·lacions fotovoltaïques estan referenciades a les normes UNE-EN, en concret les AEN/CTN/206/GT82, elaborades pel Comitè Tècnic de Normalització, en les quals es defineixen els paràmetres normalitzats exigibles als equips i les instal·lacions fotovoltaïques. Tot i haver aquestes tres categories, es tindrà en compte només tercer tipus que és el tipus d'instal·lació que s'estudiarà en la anàlisi de viabilitat econòmica.

D'altra banda, pel que fa als elements d'ancoratge dels panells (l'estructura i les fixacions), estan sotmesos al compliment dels requeriments i la metodologia de càlcul determinada pel Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), en concret l'apartat de seguretat estructural (DB SE), que defineix les regles i procediments que permeten complir les exigències bàsiques de seguretat estructural. En aquest treball es procedirà a fer un estudi tècnic per veure com es comporten les cobertes de l'Eixample de Barcelona. (Crehuet, 2020)

Finalment, pel que fa estrictament al dimensionament de les instal·lacions, ens hem de remetre al Codi Tècnic de l'Edificació, a l'apartat DB HE 5, que fa esment dels paràmetres bàsics de dimensionament de les instal·lacions fotovoltaïques associades a l'obligatorietat d'incorporar energia solar fotovoltaïca als grans edificis de nova construcció (hotels, hospitals, centres comercials, etc.). Fora d'aquest àmbit, no hi ha cap norma que sigui d'obligat compliment per al dimensionament d'instal·lacions i només ens podem referir al «Pliego de Condiciones Técnicas» publicat per l'Institut per a la Diversificació i Estalvi de l'energia (IDAE), com a document guia normalitzat per al dimensionament de les instal·lacions fotovoltaïques (aïllades i interconnectades), tot i que aquest document no és cap norma, únicament és una guia tècnica de referència. (Crehuet, 2020)

Complementàriament a tot això i referit únicament a les instal·lacions fotovoltaïques de connexió a la xarxa, hi ha un seguit de reials decrets que regulen les condicions tecnicoadministratives de la connexió a la xarxa. Adicionalment, les companyies distribuïdores estableixen uns requisits tècnics particulars associats a la interconnexió amb la xarxa elèctrica de la seva titularitat.

## 5. Instal·lació fotovoltaica per a un habitatge

Aquest punt servirà per explicar tot allò que requereix una instal·lació d'autoconsum, tenint en compte que el principal objectiu d'aquesta serà reduir la factura elèctrica, ja que estarà connectada a la xarxa per poder importar i exportar energia quan sigui necessari.

Les instal·lacions fotovoltaiques no han de garantir el 100% de la demanda energètica de l'usuari, per tant el seu dimensionament pot ser molt divers i poden estar tant connectades a la xarxa com no connectades. La instal·lació pot tenir bateries o no i, per tant, el dimensionament estarà condicionat essencialment sota el criteri econòmic. Per aquest motiu, en el dimensionament de les instal·lacions d'autoconsum, és prioritari conèixer el perfil de consum elèctric en les hores de radiació solar i intentar ajustar-lo en base a aquests valors.

### 5.1. Components d'una instal·lació fotovoltaica

#### 5.1.1. Estructura dels mòduls fotovoltaics

L'estructura dels panells pot ser plana o inclinada, en funció de l'estructura de la coberta. En el cas de l'Eixample de Barcelona la gran majoria de les cobertes són planes, per tant la instal·lació necessitarà d'una estructura que sigui capaç d'introduir una certa inclinació a les plaques, en cas que sigui necessari. En tot cas sempre requerirà d'una estructura de fixació.

#### 5.1.2. Panell fotovoltaic

Es l'element més important de la instal·lació, ja que és l'encarregat de transformar l'energia provinent del sol en energia elèctrica en forma de corrent continu (CC). Aquesta variarà segons la orientació i la inclinació dels panells. Existeixen diverses tecnologies i fabricants per produir energia elèctrica. Els mòduls han de disposar d'una gran resistència a la intempèrie i un bon rendiment al llarg de la seva vida útil ja que això determinarà el benefici a llarg plaç de la instal·lació.

A la taula 1 es pot observar una graella de les diferents tipus de panells que existeixen i les seves principals característiques.

Panells	Tecnologia	Eficiència	Avantatges	Desavantatges
Silici convencional	Monocristal·li	12 - 18%	Rendiment elevat Marc d'alumini	1
	Policristal·li	12 - 16%	Rendiment elevat Marc d'alumini	2
Capa fina o Thin film	Amorf	6 - 8%	Baix cost Marc d'alumini	Connexió de pol + o - a terra Baix rendiment
	CIS	6 - 10%	Baix cost Integració arquitectònica	Connexió de pol + o - a terra Baix rendiment
	CdTe	6 - 10%	Baix cost Marc d'alumini	Connexió de pol + o - a terra Baix rendiment

*Taula 1. Tipus de panells*

Per tal d'optimitzar el rendiment de la instal·lació, la potència total del generador fotovoltaic hauria de ser d'entre 1 i 1,2 vegades la potència nominal de l'inversor [ $PGFV = (1 \text{ a } 1,2) \cdot P_{inv}$ ], per tal que aquest pugui fer una transformació eficaç en la totalitat de l'arc de radiació solar, amb una potència el més propera possible a la potència nominal de l'inversor. Sovint, la limitació de l'espai disponible és el que condiona la potència del camp fotovoltaic. No obstant això, cal trobar l'inversor que millor s'ajusti al generador seguint els criteris anteriors.

### 5.1.3. Inversors / Onduladors

Els onduladors/inversors són els encarregats de transformar en corrent altern (CA) el corrent continu (CC) generat pel camp fotovoltaic. Els onduladors detecten la presència de xarxa de CA i injecten l'energia generada pels mòduls fotovoltaics, sempre i quan la tensió de la xarxa CA estigui entre 197 V i 251 V entre fase i neutre, i la freqüència entre 49 Hz i 51 Hz. Fora d'aquests rangs els onduladors es desconnecten i esperen a que la xarxa restableixi uns paràmetres adequats per poder abocar l'energia generada.

L'ondulador pot ser que contingui un seguidor de punt de màxima potència (Màxim Power Point Tracker ó MPPT) per tal d'extreure'n la màxima energia possible en cada situació de radiació solar al variar la tensió de treball del camp. Existeixen diferent tipus d'inversors depenent del mètode de transformació CC i CA i de les seves dimensions, com es pot observar a la Taula 2 i la Taula 3 (Generalitat de Catalunya, s.f.).

	Tecnologia	Eficiència	Avantatges	Desavantatges
Monofàsics	Amb transformador	95%	Apte per totes les tecnologies de panells	Preu elevat Major Pes Major ocupació
	Sense transformador	97%	Petites dimensions Menor cost	Només apte per panells cristal·lins sense connexió de pol a terra
Trifàsics	Amb transformador	95%	Apte per totes les tecnologies de panells	Preu elevat Major Pes Major ocupació
	Sense transformador	97%	Petites dimensions Menor cost	Només apte per panells cristal·lins sense connexió de pol a terra

Taula 2. Tipus d'inversors (I)

Característiques	Inversor monofàsic sense transformador	Inversor monofàsic amb transformador	Inversor trifàsic sense transformador	Inversor trifàsic amb transformador
Potència	P<10kW	P<10kW	P>10kW	P>10kW
Tensió mínima permesa	100V	100V	400V	400V
Tensió màxima permesa	550V	550V	900V	900V
N° Strings	1 string	1 string	1- 3 strings	1- 3 strings
IP (Grau de protecció)	IP54 - IP65	IP54 - IP65	IP20 - IP54	IP20 - IP54
Principals fabricants	Solarmax SMA Ingecon	SMA Ingecon Fronius Conergy	Solarmax SMA	Solarmax SMA Ingecon Fronius

Taula 3. Tipus d'inversors (II)

La ubicació dels inversors, tant monofàsics com trifàsics inferiors a 15 kW, es col·loquen collats directament a la paret o en una estructura de forma que queden penjats. Aquest tipus d'inversors, si disposen de grau de protecció IP54 o IP65 poden anar a l'exterior. Per a instal·lacions amb potència nominal de l'inversor de fins a 15 kW (RD 244/2019), la seva connexió es pot realitzar a una línia monofàsica de 230 V<sub>ca</sub>

L'inversor de connexió a xarxa ha de disposar d'un conjunt de proteccions obligatòries (RD 1699/2011) per poder acoblar-se a la xarxa elèctrica. Aquestes proteccions, habitualment, estan incorporades en el mateix inversor i, en la documentació de legalització de la instal·lació, havent d'aportar el document que acredita que el fabricant té en compte i compleix les proteccions anteriors.

D'altra banda, tots els inversors de connexió a xarxa disposen d'un sistema de control al costat CC que permet optimitzar el funcionament dels panells fotovoltaics. Aquest control s'anomena seguiment del punt de màxima potència o MPPT. El sistema busca el punt de màxima potència ( $I_{mpp}$ ,  $V_{mpp}$ ) del camp fotovoltaic per tal que aquest generi la màxima potència disponible en cada moment, ja que aquesta varia, principalment, en funció de la irradiància solar  $i$ , en segon terme, per l'efecte de la temperatura ambient a les cèl·lules solars dels panells

#### 5.1.4. Instal·lació elèctrica

La instal·lació elèctrica ha de complir amb el REBT 2002 i els requeriments tècnics de l'empresa distribuïdora (Generalitat de Catalunya, s.f.).

##### Cablejat

- Tram de corrent continu (CC)
  - La caiguda de tensió màxima permesa serà del 2%.
  - El cablejat haurà de ser de 0,6/1 kV de coure i secció entre 4 i 6 mm<sup>2</sup> de final de cada sèrie fins a fusibles.
  - Si el local és de pública concurrència el cablejat haurà de ser lliure d'halògens.
- Tram de corrent altern (CA)
  - La caiguda de tensió màxima permesa serà de l'1,5%.
  - El cablejat haurà de ser de 0,6/1 kV de secció depenent de la potència o la intensitat.
  - El cablejat sempre haurà de ser lliure d'halògens

##### Proteccions

Per tal de facilitar el control i les maniobres manuals, hi ha diferents proteccions tant de CC com de CA. Per a la connexió de la instal·lació fotovoltaica amb la xarxa de baixa tensió, és obligatori complir amb les exigències que estableix el Reglament electrotècnic de baixa tensió (REBT), a més, aquesta connexió està subjecta específicament a les disposicions següents:

- Protecció contra sobreintensitats (sobrecàrregues) ITC-BT-22.
- Protecció contra sobreintensitats (curtcircuits) ITC-BT-22.
- Protecció contra sobretensions ITC-BT-23.
- Protecció contra contactes directes i indirectes ITC-BT-24.
- Presa de terra ITC-BT-18, 19, 26.
- Tram de corrent continu (CC).

La instal·lació fotovoltaica en el costat de CC, habitualment, opera a voltatges considerats perillosos, de  $75 V_{cc}$ , per això els circuits han d'estar protegits contra xocs elèctrics per a contactes directes i indirectes.

Com a regla general, en el generador elèctric s'han de col·locar barreres físiques per a la protecció contra contactes directes, com ara:

- Cables unipolars de doble aïllament (classe II) en totes les conduccions elèctriques del generador fotovoltaic per tal de minimitzar el risc de defecte a terra i de curtcircuit.
- La tensió CC del generador no ha de superar el 50% de la tensió nominal assignada als cables per a aplicacions de CA.
- Totes les connexions i unions de línies s'han de fer amb terminals protegits (per exemple, tipus Multi-Contact) per garantir la protecció contra contactes directes involuntaris.
- Senyalització del perill elèctric existent en les canalitzacions i/o caixes de connexió.

Com a mesura contra els contactes indirectes, els inversors, incorporen un detector de fallada d'aïllament elèctric entre els conductors del generador i la presa a terra. Quan el nivell d'aïllament decreix a valors perillosos, el control desconnecta l'inversor del generador fins que no es restableix el nivell d'aïllament inicial. Aquest dispositiu integrat no elimina el perill, únicament avisa del perill.

- Proteccions contra sobretensions (varistors)

Principalment, està destinat a protegir la instal·lació contra les sobretensions transitòries d'origen atmosfèric. S'instal·la un element per cada entrada MPPT de l'inversor.

Les característiques d'aquests varistors han d'estar en consonància amb les tensions i potències del generador fotovoltaic de connexió a xarxa, el nivell de protecció que es vol assolir i la ubicació geogràfica de la instal·lació. Amb caràcter general, el protector de sobretensions del camp fotovoltaic ha de complir les característiques següents:

- Tipus II
  - Tensió nominal de servei màxima  $V > 1,25 V_{eoc string}$
  - Nivell de protecció  $V \leq V_p$  inversor
  - Intensitat nominal de descàrrega  $I_n \geq 5$  kA
- Fusibles de la línia del generador fotovoltaic

Des del punt de vista de protecció contra sobrecàrregues, no cal protegir els cables de la

línia de connexió dels *strings* si la capacitat dels cables no és inferior a la intensitat màxima que pot afectar-los. Pel que fa a la protecció de sobrecàrregues dels panells fotovoltaics, tot i què la intensitat de curtcircuit ( $I_{cc}$ ) del generador fotovoltaic no resulti gaire elevada ( $I_{cc} = 1,08 I_{mppt}$ ), cal considerar la instal·lació de fusibles per a la protecció dels panells de les intensitats inverses d'origen extern, com a conseqüència dels fets següents:

- Inversió de polaritat en algun element del camp fotovoltaic.
  - Defecte a terra en els elements amb connexió de terra.
- Interruptor manual o automàtic

En cas que l'inversor no incorpori un element de seccionament, com a criteri general, en cada inversor o agrupacions d'entrades MPPT és preceptiu instal·lar un element de desconexió en càrrega (interruptor), la funció principal del qual és el seccionament amb càrrega de l'entrada CC de l'inversor, fet que ha de permetre realitzar de manera segura les operacions de manteniment en aquests equips.

Cal destacar que els fusibles no poden actuar com a element seccionador amb càrrega de cap equip de la instal·lació.

- Proteccions en la part de Corrent Altern (CA)

Com s'ha indicat anteriorment, aquestes instal·lacions estan subjectes a les exigències tècniques que estableix el REBT 2001, com també als requeriments específics del Reial decret 1699/2011, pel que fa a les qüestions específiques de la interconnexió amb la xarxa elèctrica i la mesura de l'energia injectada a la xarxa.

- La sortida en CA de cada inversor s'haurà de protegir amb un magnetotèrmic bipolar o tetrapolar.
- Les línies s'hauran de protegir amb un interruptor diferencial segons el REBT 2001.
- Proteccions contra sobreintensitats

Tots els circuits estaran protegits en origen contra els efectes de les sobreintensitats, mitjançant interruptors automàtics magnetotèrmics en la part d'alterna i fusibles seccionables o elèctrics en la part de contínua.

En l'actuació de les proteccions queda garantit que no se superaran les màximes intensitats admissibles en els conductors, de la mateixa manera que queda garantida una ràpida desconexió del circuit corresponent, en cas de curtcircuit.

El sistema fotovoltaic ha d'incorporar proteccions específiques per la interconnexió de



màxima i mínima freqüència (51 i 49 Hz respectivament) i de màxima i mínima tensió (1,1 Um i =0,85 Um respectivament), integrades en els inversors.

#### 5.1.5. Armari de comptadors i interconnexió amb la la distribuïdora elèctrica.

L'armari de comptadors, és on s'ubicaràn els comptadors de la instal·lació fotovoltaica i el quadre d'interconnexió. Aquest serà independent a qualsevol altra instal·lació elèctrica de l'edifici i registrarà l'energia injectada a la xarxa i la consumida. En aquest armari es podrà trobar (Crehuet, 2020):

- **Interruptor general manual**, que ha d'estar un interruptor magnetotèrmic amb intensitat de curtcircuit superior a la indicada per l'empresa distribuïdora en el punt de connexió. Aquest interruptor ha d'estar accessible a l'empresa distribuïdora en tot moment, amb l'objecte de poder fer les desconexions manuals.
- **Interruptor automàtic diferencial**, amb la finalitat de protegir les persones en cas de derivació d'algun element de la part contínua de la instal·lació. Els circuits de protecció han de constar d'un o diversos interruptors diferencials que garanteixin la protecció contra contactes indirectes de tots els circuits.
- **Comptador bidireccional d'energia injectada a la xarxa elèctrica**. Aquest element permet comptabilitzar l'energia generada per la instal·lació i la que consumeix; per tant, aquest element realitza una lectura en dues direccions o «bidireccional».
- **Fusible de la instal·lació CGP**. Aquest fusible actua com a fusible de protecció general de la instal·lació en cas que en les línies muntades hi hagi alguna protecció defectuosa que no actuï, o bé que s'hagi produït un curtcircuit accidental. En aquesta situació, el fusible general protegeix la instal·lació.

Les dimensions d'aquest armari variaran en funció de la potència de la instal·lació i aquestes venen marcades per les normes tècniques particulars de la companyia elèctrica.

#### 5.1.6. Presa a terra

L'article 15 del Reial Decret 1699/2011 estableix les condicions de connexió de terra de les instal·lacions fotovoltaiques connectades a la xarxa elèctrica de baixa tensió. Segons aquest article, les masses de la instal·lació fotovoltaica han d'estar connectades en un terra independent del neutre de l'empresa distribuïdora, així com de les masses de la resta de subministraments.

En l'annex I es pot veure un esquema dels diferents elements que poden formar part d'una instal·lació fotovoltaica.

### **5.1.7. Altres elements que pot requerir una instal·lació d'autoconsum**

Les instal·lacions d'autoconsum poden incloure un seguit de dispositius addicionals per la gestió dels excedents, en funció de si es vol obtenir una compensació per la venda d'energia. En aquest cas, els dispositius de no injecció d'energia són els que limiten la producció d'energia al consum instantani, per tant es pot definir la instal·lació com un autoconsum sense excedents. També es poden posar acumuladors elèctrics, que permeten gestionar l'energia generada (Generalitat de Catalunya, s.f.).

#### **5.1.7.1. Dispositiu de no injecció d'energia**

Els dispositius antiexportació tenen un conjunt d'elements de mesura i comunicació que en combinació amb els inversors limiten la producció solar a la demanda de consum instantani, fet que impedeix en tot moment l'exportació d'energia elèctrica a la xarxa.

En concret, aquest sistema consta d'un analitzador d'energia (METER) muntat a la capçalera de la línia de consum que mesura el consum instantani. Aquesta informació la transmet a l'inversor i l'inversor ajusta la producció solar a la demanda instantània del moment, tot això amb un temps de resposta inferior a 2 segons; a més, en el cas de pèrdua de comunicació entre l'inversor i el METER, la producció solar s'ha d'aturar fins que es torni a establir la comunicació.

La instal·lació d'aquest dispositiu permet acreditar la instal·lació com un autoconsum sense excedents.

#### **5.1.7.2. Sistemes d'acumulació elèctrica (Bateries)**

Opcionalment, les instal·lacions d'autoconsum poden disposar d'un sistema d'acumulació energètica, generalment bateries, que han de permetre aprofitar l'excedent d'energia produïda durant les hores de radiació solar en les quals el consum d'energia instantània és inferior a la producció solar.

En el cas de l'emmagatzematge electroquímic, les bateries de liti són les més habituals en aplicacions d'autoconsum amb acumulació, ja que, en termes generals, permeten càrregues/descàrregues intensives sense afectar significativament la seva vida útil, a més, poden descarregar-se fins a un 90% de la seva capacitat nominal amb un rendiment energètic de fins al 97%, com es pot observar en la Taula 4.

	Bateria de liti (LiFePO4)	Bateria de plom (OPZS)
Cicles de vida útil	4.500 cicles (descàrregues del 70%)	2.500 cicles (descàrregues del 70%)
Màxima profunditat de descàrrega recomanada	90%	60%
Eficiència energètica (càrrega/ descàrrega)	97%	85%

*Taula 4. Característiques de les bateries*

### 5.1.8. Possibilitats d'injecció dels excedents a la xarxa

La modalitat d'autoconsum instantània és la que consumeix directament l'energia fotovoltaica en el moment que s'està produint. Si es produeix la situació on la instal·lació fotovoltaica produeix més energia de la necessària, aquesta energia serà injectada a la xarxa elèctrica. Les instal·lacions acollides a aquesta modalitat amb una potència contractada pel subministrament superior a 10 kW, hauran de pagar un sobrecost per l'energia autoconsumida. Existeixen dos tipologies (Generalitat de Catalunya, s.f.).

#### **Tipus 1: Sense venda**

No es rebrà cap remuneració per l'energia injectada a la xarxa. Acollint-se a aquesta modalitat, s'agilitza la tramitació i no es necessària la possessió o la constitució de cap empresa.

#### **Tipus 2: Amb venda**

L'energia excedent serà remunerada a preu de mercat. Es necessària la inscripció en RAIPE (Registre Administratiu d'Instal·lacions de Producció d'Energia).

#### **Tipus 3: Sense injecció d'excedents a la xarxa "injecció 0"**

Per potències contractades per un subministrament inferior o igual a 10kW, la modalitat d'autoconsum instantani, consumeix directament l'energia fotovoltaica en el moment que s'està produint. Si es dona el cas que durant algunes hores de sol, la instal·lació fotovoltaica genera més energia de la necessària en aquell moment, el dispositiu d'injecció 0 modularà l'inversor fotovoltaic ajustant la producció als consums, evitant així, la injecció d'energia a la xarxa. Aquesta modalitat està exempta de pagament de peatges de generació. Durant la nit o en hores de poca radiació solar se seguirà consumint energia de la xarxa. L'esquema de la instal·lació es pot veure en la Figura 5-1

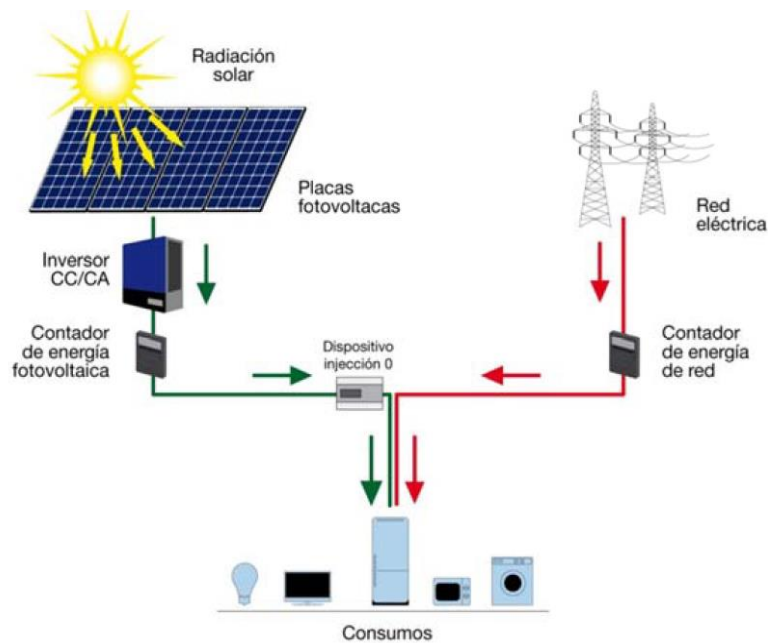


Figura 5-1. Esquema de la instal·lació sense injecció a la xarxa

#### **Tipus 4: Bateria connectada a la xarxa**

La modalitat d'autoconsum instantani amb acumulació, consumeix directament l'energia fotovoltaica en el moment que s'està produint. Si es dona el cas de que durant algunes hores de sol la instal·lació fotovoltaica genera més energia de la necessària, l'energia excendent s'emmagatzemarà a les bateries i serà utilitzada en el moment que no hi hagi suficient radiació solar per cobrir els consums.

#### **Tipus 5: Bateria no connectada a la xarxa**

Aquesta modalitat és per a una instal·lació aïllada a la xarxa elèctrica. Només és viable si es disposa de suficient superfície de captació en el moment que s'està produint i que s'emmagatzemi en bateries per ser utilitzades en el moment que no hi hagi suficient radiació solar per cobrir els consums.

## **5.2. Factura elèctrica**

Un dels objectius d'aquest projecte és dimensionar una instal·lació d'autoconsum, per tal de reduir els seus costos es presentaran les diferents variables que afecten en aquest càlcul i que determinaran si s'està produint un estalvi o no.

En la contractació del subministrament elèctric, principalment, existeixen dues modalitats una regulada i l'altra és accedir al mercat lliure:

- Modalitat regulada:
  - **Preu Voluntari al Petit Consumidor (PVPC).** Aquest tipus de tarifes només poden ser ofertades per les comercialitzadores de referència, com podria ser Endesa o Iberdrola. Generalment es podran acollir a aquesta modalitat els consumidors que tinguin un consum de baixa tensió amb una potència igual o inferior a 10kW.
  - **Contractació fixa a 12 mesos.** Es tracta d'una alternativa obligatòria en cas de no escollir una tarifa tipus PVPC. En aquest cas, el preu de l'energia elèctrica és fixe durant un any sencer, el preu es fixat per cada empresa comercialitzadora
- Mercat lliure: Si l'usuari escull aquesta modalitat podrà triar entre realitzar un contracte bilateral o comprar directament l'electricitat al mercat

La factura elèctrica està composta pel terme de potència (TPU), el terme d'energia del peatge d'accés (TEU) i el terme corresponent al cost horari de l'energia (TCU). A continuació es pot observar la graella de les tarifes d'accés o peatge de baixa tensió imposades per l'Institut Català de l'Energia. (Generalitat de Catalunya, s.f.)

La tarifa d'accés és la tarifa que paga la companyia comercialitzadora a la companyia distribuïdora per l'ús de la xarxa de distribució d'energia. És una tarifa fixada pel Govern i que paga el client a través de la companyia comercialitzadora quan contracta una tarifa en el mercat lliure.

Es defineixen diferents períodes horaris en funció de la tarifa d'accés:

- Tarifa d'accés 2.0 A: és la tarifa normal de baixa tensió sense discriminació horària, es paga el mateix import durant les 24 hores del dia.
- Tarifa d'accés 2.0 DHA: tarifa amb discriminació horària de dos períodes. L'import per les hores vall serà inferior al de les hores punta.
- Tarifa d'accés 2.0 DHS: tarifa amb discriminació horària de tres períodes. L'import per les hores vall serà inferior al de les hores punta.
- Tarifa d'accés 3.0 A: tarifa amb discriminació horària de tres períodes. Es determina un preu diferenciat pels períodes punta, vall i supervall.

- Tarifa d'accés 6.x: Modalitat de sis períodes destinats a tarifes generals d'alta tensió. Es determina un preu diferenciat per sis períodes horaris definits segons si la temporada és alta, mitja o baixa i el tipus de dia, si és festiu o entre setmana.

La potència elèctrica contractada és la capacitat que té la nostra instal·lació de suportar diversos dispositius connectats simultàniament. Els valors de la potència estan normalitzats i venen determinats per l'interruptor de control de potència (ICP) i diferenciats segons es tracti d'un subministrament monofàsic o trifàsic.

Tot i que la factura elèctrica està dividida en el TPU, el TCU i el TEU, la forma habitual de calcular-la consisteix en la suma del cost del terme de potència i del terme del consum energètic i multiplicar-lo pel preu corresponent; el preu del kW i kWh dependrà de la tarifa escollida. Un cop calculats els termes d'energia i de potència s'ha d'aplicar l'impost especial sobre l'electricitat, sumar el cost del lloguer de l'equip de mesura i per últim aplicar l'IVA. A la Figura 5-2 es poden veure els diferents factors que intervenen en el càlcul de la factura elèctrica.

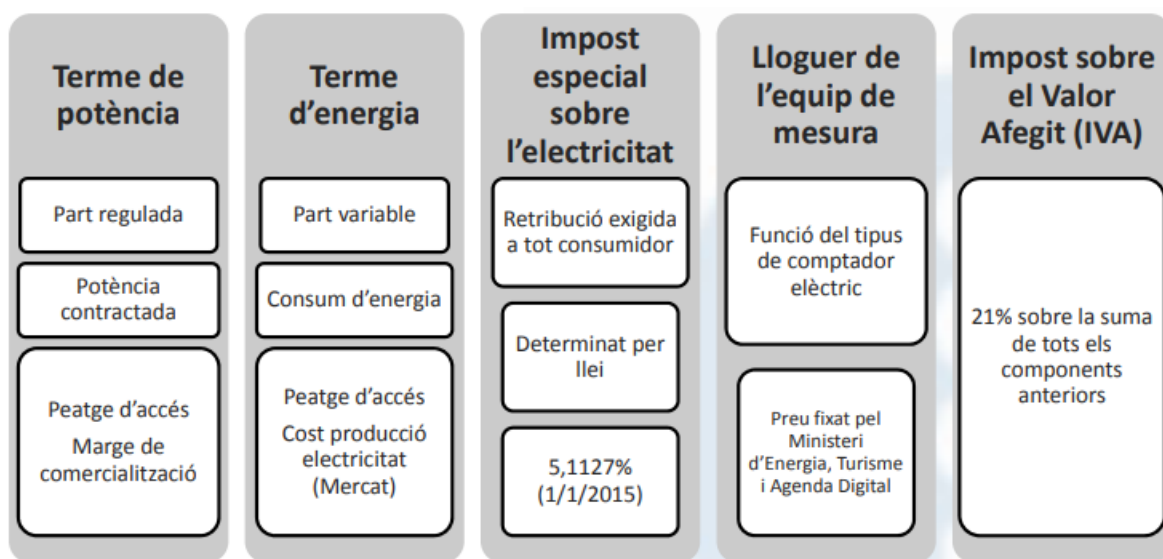


Figura 5-2. Factors que intervenen en la factura elèctrica

A continuació, Figura 5-3, es poden observar les franges horàries de les tarifes amb discriminació horària en 2 i 3 períodes.

HIVERN		ESTIU	
Període 1	Període 2	Període 1	Període 2
12 - 22	0 - 12 22 - 24	13 - 23	0 - 13 23 - 24

HIVERN I ESTIU		
Període 1	Període 2	Període 3
13 - 23	0 - 1 7 - 13 23 - 24	1 - 7

Figura 5-3. Franges horàries segons el tipus de tarifa.

### 5.2.1. Càlcul d'una factura elèctrica

La Figura 5-4 mostra un exemple de càlcul d'una factura elèctrica, utilitzant les equacions 1 a 7. L'ordre de càlcul ha de seguir l'ordre de les equacions.

DADES	VALOR	DADES	VALOR
Tipus tarifa	2.0 DHA	Dies de	30
Potència contractada (P)	4,6 kW	IVA	21%
Energia consumida en hores pic (E pic)	67 kWh	Preu potència anual (P.P)	38,043427 [€/kW · any]
Energia consumida en hores vall (E vall)	85 kWh	Preu E pic (P.E pic)	0,161 [€/kWh]
Impost electricitat	5,11%	Preu E vall (P.E vall)	0,082 [€/kWh]

Figura 5-4. Dades de la factura elèctrica

1. Els primers termes que es calculen són els costos relacionats amb el consum elèctric i la potència contractada.

$$P \times P.P \times (30/366) \text{ dies} = \text{Terme de potència}$$

*Equació 1. Càlcul del terme de potència*

$$E \text{ pic} \times P.E \text{ pic} = \text{Subtotal 1}$$

*Equació 2. Càlcul del cost energètic en el període pic*

$$E \text{ vall} \times P.E \text{ vall} = \text{Subtotal 2}$$

*Equació 3. Càlcul del cost energètic en el període vall*

$$\text{Subtotal 1} + \text{Subtotal 2} = \text{Terme energia}$$

2. El segon terme a calcular és l'aplicació de l'impost especial sobre l'electricitat al cost de la potència i del consum energètic.

$$(\text{Terme de potència} + \text{Terme energia}) \times 5,11269\% = \text{Subtotal 3}$$

*Equació 4. Càlcul de l'impost sobre l'electricitat*

3. El tercer terme calculat és el lloguer de l'equip de mesura, el cost de l'equip de mesura es fixe. En aquest exemple es calcula com si el més escollit tingués 30 dies.

$$30 \text{ dies} \times 0,026557 \text{ €/dia} = \text{Subtotal lloguer subtotal equip de mesura}$$

*Equació 5. Càlcul del cost del lloguer de l'equip de mesura*

4. El quart càlcul es basa en l'aplicació de l'IVA

$$(\text{Subtotal 3} + \text{Lloguer equip mesura}) \times \text{IVA} = \text{Subtotal IVA}$$

*Equació 6. Càlcul de l'IVA*

5. Finalment es calcula el cost total de la factura que és la suma del resultat del tercer càlcul més el cost de l'IVA.

$$(\text{Subtotal 3} + \text{Lloguer equip mesura} + \text{Subtotal IVA}) = \text{COST FACTURA ELÈCTRICA}$$

*Equació 7. Càlcul del cost total de la factura elèctrica*

En l'annex II es pot veure la factura elèctrica que s'ha utilitzat per tal de calcular la factura elèctrica i així comprovar si els resultats obtinguts han estat bons.



## 6. Model de bloc de pisos tipus

Un cop definit el context d'estudi i els motius que determinen la tria d'aquesta ubicació en concret, es pot afirmar que l'Eixample de Barcelona té una particularitat que fa molt interessant el seu estudi, que és la modularitat de la seva estructura.

En aquest apartat es farà un estudi analític de l'estructura social que hi ha en la zona d'estudi, s'analitzarà el nombre de persones d'habitatges que hi ha per bloc i el seu consum energètic, la superfície del terrat, el consum energètic de l'escala.

### 6.1. Obtenció de dades

Al no poder accedir a cap base de dades oberta que proporcionés la informació necessària de la superfície de la coberta i la irradiació que patien cada una de les cobertes de l'Eixample, s'ha creat a partir de les dades contingudes en una pàgina web (Ajuntament de Barcelona, s.f.). La Figura 6-1, ens mostra el mapa interactiu d'aquesta pàgina web on es pot veure representades de forma qualitativa la radiació solar incident en cada coberta en tres nivells diferents granat, vermell i taronja, en funció de si la irradiació incident estava etiquetada com "Molt bona", "Bona" o "Moderada", i "Limitada" en cas de no tenir informació associada. En la Figura 6-2, es poden veure les dades quantitatives de la superfície seleccionada: els metres quadrats de superfície i de superfície útil, la potència instal·lable, la generació d'energia, i en definitiva el valor de totes les variables comentades en l'anterior apartat.

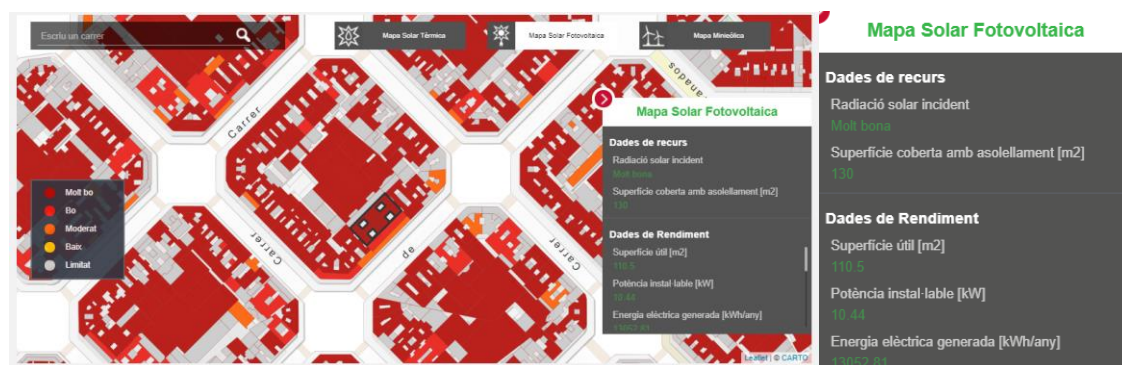


Figura 6-1. Mapa interreactiu de l'energia de Barcelona

Figura 6-2. Dades qualitatives de superfície

A continuació es dedicarà un apartat per explicar com s'han obtingut aquestes dades i com s'ha realitzat la base de dades. El primer pas ha estat anar al lloc web (Ajuntament de

Barcelona, s.f.) i observar les propietats d'aquest i entendre com aquesta pàgina codifica les dades, que s'obtenen clicant el *botó dret* > *Inspeccionar*. Llavors s'obre una finestra i en el desplegable s'ha de seleccionar *Network*. A continuació se seleccionaran cobertes del mapa per poder veure la crida que es vol estudiar.

Cada coberta està codificada amb una identificació (ID) diferent definida per tot Barcelona, mitjançant el codi de *JavaScript* realitzat, s'extreu tota la informació amb el format de *json*. S'han extret i analitzat més de 50.000 valors. Cada valor o dada té un polígon definit per punts que són els que defineixen la superfície de la coberta i cada punt és una coordenada geogràfica diferent.

S'identifica el nom de cadascuna de les variables que es voldran extreure:

"radiacio" : Radiació incident representada de forma qualitativa

"consum\_esc" : Consum energètic de l'escala

"cost\_mante" : Cost de manteniment de la instal·lació

"superfici1" : Superfície útil

"superficie" : Superfície total

"potencia\_i" : Potència instal·lable

"energia\_ge" : Energia potencial generable

"inversio\_e" : Inversió econòmica de l'escala

"estalvi\_ec" : Estalvi anual en cas de tenir instal·lada les plaques fotovoltaïques

El següent pas que s'ha de realitzar és filtrar les cobertes que no formen part de l'Eixample, per fer-ho s'han buscat prèviament les coordenades del polígon de punts d'aquest barri, a partir de la informació publicada per l'Ajuntament de Barcelona (Ajuntament de Barcelona, s.f.) que té cartografiada tota la ciutat i s'ha descarregat la base de dades en el format *json*. La informació desitjada es veu d'aquesta forma, on hi ha un conjunt de claus que defineixen el districte, i al final es troba el llistat de coordenades de punts que defineixen el polígon del districte.

```
"MultiPolygon","\coordinates":[[[[[2.148437456,41.321528235],[2.1484411,41.321573182],[2.148482849,41.321571248],[2.148479181,41.3215263],[2.148437456,41.321528235]]]]]
```

Un cop extretes les dades que conformen l'Eixample, s'observa que les coordenades de les dues pàgines web, estan en sistemes de coordenades diferents, i per tant es busca una funció predeterminada de *Python* per realitzar la conversió. Primer de tot cal importar les funcions predefinides d'altres llibreries seguint aquestes comandes.

```
>> import os
>> from turfpy.measurement import boolean_point_in_polygon
>> from geojson import Point, MultiPolygon, Feature
```

Llavors es crea la variable *transformer*, que realitza la transformació de coordenades i s'emmagatzema en una nova llista. Finalment es recorre tota aquest llista de *json* i s'introdueix en una nova llista, anomenada *JSON\_W*, si compleix la condició que el polígon seleccionat pertanyi a l'Eixample.

```
>>         if boolean_point_in_polygon(point, Eixample)
>>             JSON_w(Eix_path,json_i,p1)
```

Per acabar amb la creació de la base de dades, s'ha de transformar la informació de format *json* a format *xlsm*. i s'ha utilitzat el llenguatge *Python*. S'ha recorregut la llista de *json*, i per cada un dels elements es guarden les variables desitjades en la llista "*Data*". Després es recorre aquesta llista per filtrar aquelles cobertes de l'Eixample però que no tenen dades associades, aquestes s'identifiquen amb l'etiqueta "Limitada".

Finalment, un cop realitzades totes aquestes operacions, de les 50000 dades inicials s'ha reduït a 5000, i es creu suficient per a realitzar una anàlisi de les cobertes de l'Eixample de Barcelona.

En l'annex III es poden veure tots els codis de programació utilitzats per a la creació de la base de dades.

## 6.2. Anàlisi de les dades

Un cop obtingudes les dades, es filtraran i s'eliminaran les que no representin la realitat, i a continuació s'explicaran tots els criteris utilitzats per filtrar i eliminar dades. Com es veurà, hi ha dades que no representen la totalitat de la superfície de les cobertes, sinó que només representen una part d'aquestes. També hi ha dades que fan referència a cobertes de patis interiors de les illes de l'Eixample que en aquest cas no es tenen en compte ja que no formen part del bloc de pisos.

La base de dades construïda en l'anterior punt és en format *Excel* i conté les següents variables: "radiacio", "consum\_esc", "cost\_mante" , "superfici1", "superficie", "potencia\_i" , "energia\_ge", "inversio\_e", "estalvi\_ec" en columna amb la ID de l'habitatge associat.

Per analitzar les dades obtingudes, primer de tot s'explicarà com l'Ajuntament de Barcelona (Ajuntament de Barcelona, s.f.) ha calculat les variables utilitzades en aquest estudi. La primera variable fa referència a la superfície de coberta amb assolellament, i a partir d'aquest valor, ha anat fent diverses hipòtesis que han servit per a construir la resta de les variables.

- Radiació solar incident, es tracta d'una variable qualitativa on es categoritza la qualitat de la coberta en funció del percentatge de superfície que rep insolació continuada, per tant si la insolació que rep és contínua entre un 95% i 100% l'etiqueta associada serà "Molt bona", si és entre un 80% i 94% serà "Bona" i si és entre un 70% i 79% serà "Moderada". En aquells casos on no han obtingut informació la etiqueta ha estat "Limitada".
- Superfície coberta amb assolellament [m<sup>2</sup>], que no representa el 100% de la coberta. Aquesta superfície l'ha calculada mitjançant un vol *LIDAR* que permet disposar del model de superfícies de la ciutat.
- Superfície útil de generació [m<sup>2</sup>] per a cada parcel·la, independentment de la categoria, es pren com a valor mitjà, per tant, es considera un 85% del valor del mapa.
- Potència instal·lable [kW]: s'obté a partir d'un coeficient d'ocupació del 70% de la superfície útil (el 70% cobreix la distància entre plaques per evitar ombres). El mòdul utilitzat en la simulació és de 270 W i de 2 m<sup>2</sup>.
- Energia generada [kWh]: es calcula en termes mitjans i amb un valor de 1.250 kWh/kWp·any.
- Estimació del preu, s'ha considerat un valor de 3,5 €/kWp.
- Estimació del cost de manteniment és de 30 €/kWp·any
- Estalvi econòmic estimat, es preveu de 0,12 €/kWh.

L'única variable que s'utilitzarà és la superfície útil que servirà per dimensionar la nostra instal·lació. La resta s'utilitzaran per a fer un estudi comparatiu entre els resultats obtinguts en el treball i els càlculs realitzats per l'aplicatiu de l'Ajuntament de Barcelona.

Un cop explicat el càlcul de les variables que utilitza aquest portal web, el primer que s'ha fet ha estat calcular com es distribueix la radiació solar incident sobre les cobertes, en percentatge. El 74,63% té un radiació incident sobre la coberta etiquetada de "Molt bona", el 25,36% de "Bona" i la resta, que es d'un 0,01%, és "Moderada". Les "Limitades" s'havien filtrat anteriorment amb el codi de Python.

El segon càlcul ha estat l'obtenció de les mitjanes de les variables desitjades: Superfície: 39.09 m<sup>2</sup>. Superfícies útil: 37,14 m<sup>2</sup>. Energia generada: 4387,53 kWh/kWp-any. Inversió: 12285,09 €. Potència instal·lada 3,5 kW.

Un cop obtingudes les dades, s'ha utilitzat el *Minitab* per tal d'observar la dinàmica de les dades. Els resultats es mostren a la Figura 6-3, la primera gràfica és un histograma, on s'observa les dades de les superfícies útils de les cobertes (superfície1) en m<sup>2</sup> i l'energia generada en Wh i ,clarament, s'observen moltes més dades amb valors de coberta petits que de cobertes grans, més de 2000 valors es troben per sota dels 20 m<sup>2</sup>. La segona dinàmica que s'aprecia en l'histograma és que no segueix una distribució normal i es comporta com una distribució exponencial.

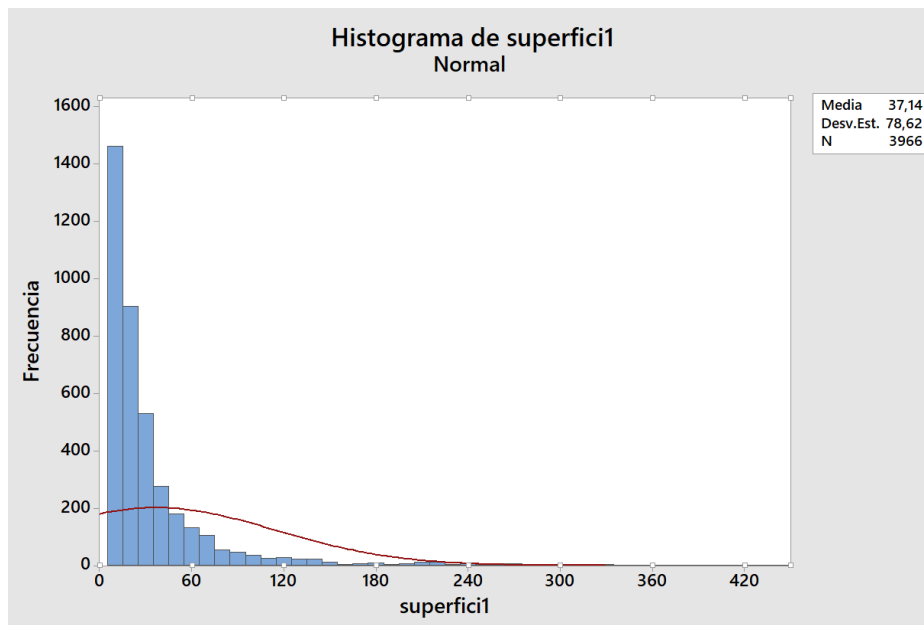


Figura 6-3. Histograma de valors

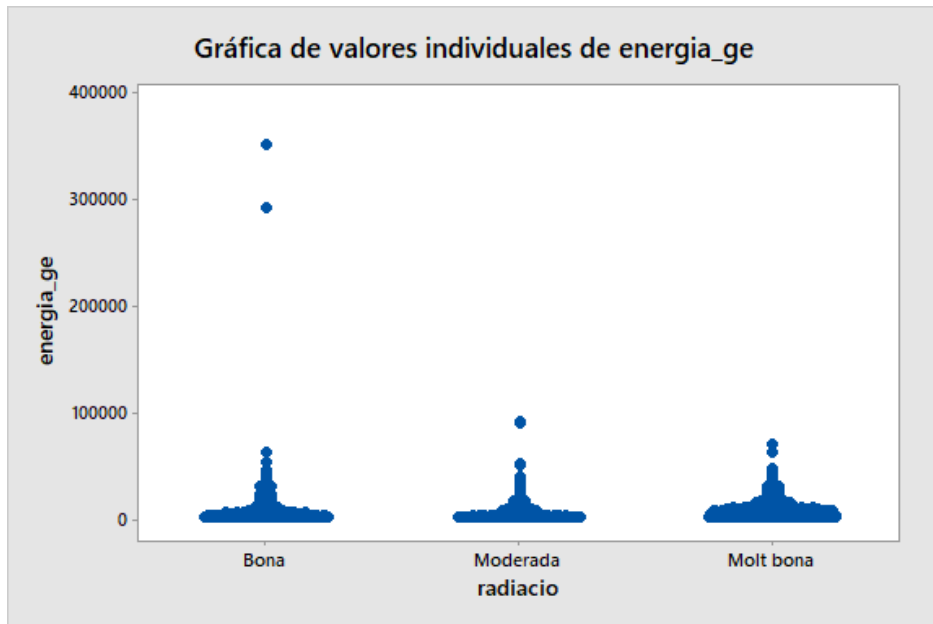


Figura 6-4. Gràfic de valors individuals

Les dades presentades en la Figura 6-4, se separen en funció de la variable “radiació”, d’aquesta forma ens permet diferenciar fàcilment quins són els valors de superfícies més allunyats del comportament normal en cada una de les tres categories existents de radiació.

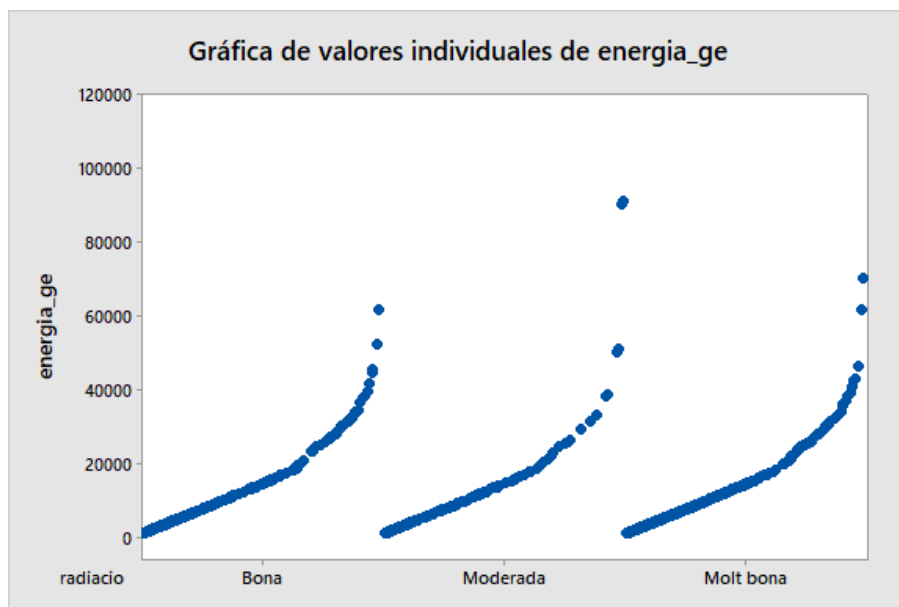


Figura 6-5. Gràfic de valors individuals després del filtrat

Fent un escaneig de les dades mostrades en la Figura 6-5, s'ha decidit filtrar en funció de dos paràmetres. El primer, consisteix a eliminar les cobertes que tenen una superfície d'asolellament inferior a 20 m<sup>2</sup>, ja que en molts casos aquestes superfícies no representen la totalitat de la superfície de la coberta, perquè a l'extrem les dades dels m<sup>2</sup>, la informació venia separada en dues o més dades diferents, sigui perquè estan a alçades diferents o bé, perquè tenen percentatges d'irradiació diferents. El cas que es mostra a continuació (Figura 6-6) és un clar exemple, on es poden veure quatre superfícies diferents per un mateix bloc. Com a partir de la base de dades és impossible saber si una mateixa superfície pertany a mateix bloc, per això s'ha preferit ometre aquelles que són més petites de 20 m<sup>2</sup>.



Figura 6-6. Les 4 superfícies que pertanyen a un mateix bloc.

El segon filtre aplicat ha estat eliminar les cobertes de més de 125 m<sup>2</sup> ja que s'ha observat que la majoria d'aquestes no són cobertes de blocs de pisos, sinó de terrasses de particulars a la part posterior del bloc o bé patis interiors de les illes de l'Eixample, i en aquest estudi no es contemplaran aquestes casuístiques.

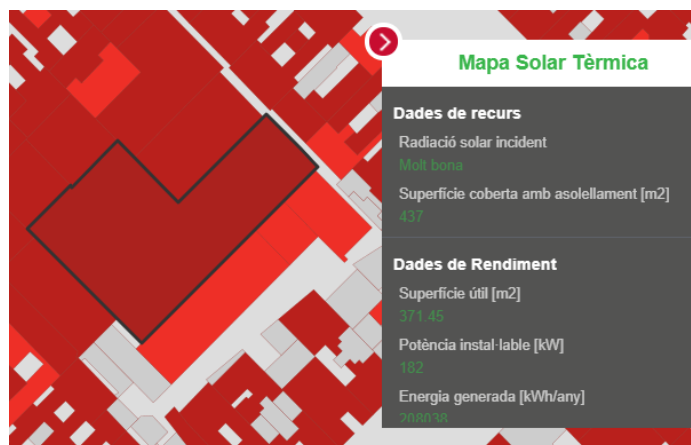


Figura 6-7. Coberta d'un pati interior.

En aquest cas, Figura 6-7, es mostra un exemple clar, on la superfície d'aquesta parcel·la de pati interior és molt gran.

Un cop realitzats aquests dos filratges, s'analitzen un altre cop les dades amb *Minitab*.

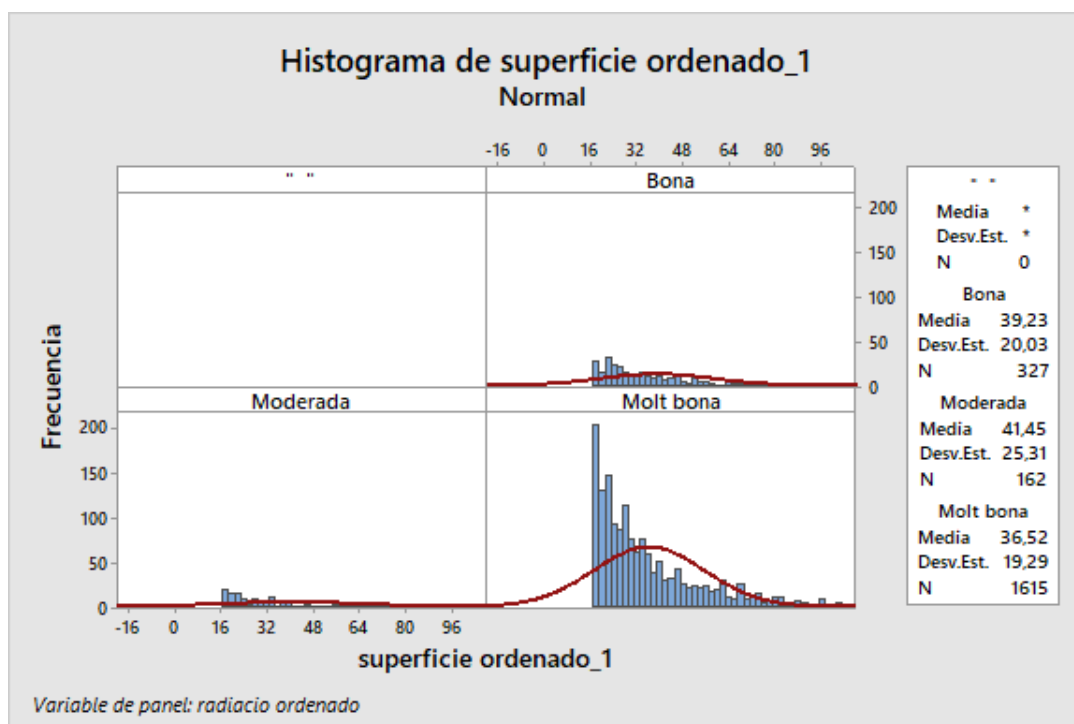


Figura 6-8. Histograma de superficie ordenado\_1.



Després del filtratge, la distribució de les dades segueix sent similar, aproximadament un 75% es comporta com a “Molt bona”, un 12'5% com a “Bona” i, finalment, un 12'5% com a “Moderada”.

Pel que fa als tipus de distribució, totes se segueixen comportant amb una distribució exponencial, encara que en les que tenen una incidència “Moderada” i “Bona”, això és degut a la diferència entre el número de dades que hi ha.

Per acabar, es veu que tot i filtrar gairebé la meitat de les dades i reduir la mostra de 3966 dades a 2104, la mitjana de la superfície útil no varia en excés, de 37.14 m<sup>2</sup> a 36.52 m<sup>2</sup>, per tant es pot concloure que la mostra és el suficientment sòlida per determinar que la superfície que tindrà el nostre bloc de pisos tipus serà de 36.52 m<sup>2</sup>. Que la variabilitat observada sigui tan petita després de filtrar més de la meitat de les dades, demostra que la mostra obtinguda és molt robusta (Figura 6-8).

### 6.3. Consum energètic del bloc tipus

Per tal de dimensionar la instal·lació fotovoltaica és imprescindible saber el consum energètic diari d'una família o del conjunt de habitatges que aprofitaran aquest recurs, de forma que es dimensioni segons les necessitats energètiques.

Existeixen diverses formes per calcular el consum, la primera és agafar alguna dada proporcionada per una font d'informació fiable sobre el consum energètic per persona/família i després buscar informació sobre la mitjana de persones que viuen per habitatge i quants habitatges hi ha per bloc de pisos a l'Eixample.

Si es vol fer de forma més precisa i tenir en compte el consum energètic, s'ha d'utilitzar un perfil de consum energètic horari. Aquesta precisió ens és molt més útil en el cas de que es vulgui posar bateries en la instal·lació, ja que es pot veure perfectament on es genera l'excedent d'energia produït per les plaques fotovoltaïques i quan es podria consumir l'energia emmagatzemada.

Per calcular l'energia consumida per habitatge s'han aconseguit les dades de la Red Electrica Española (REE, s.f.) que proporciona les dades discriminades per mesos. Aquestes dades són especialment interessants per conèixer la variabilitat que es pot produir en el consum entre les estacions d'hivern i estiu. Aquesta font d'informació ens proporciona el consum mig d'una família que és aproximadament de 270 kWh/mes (Figura 6-9).

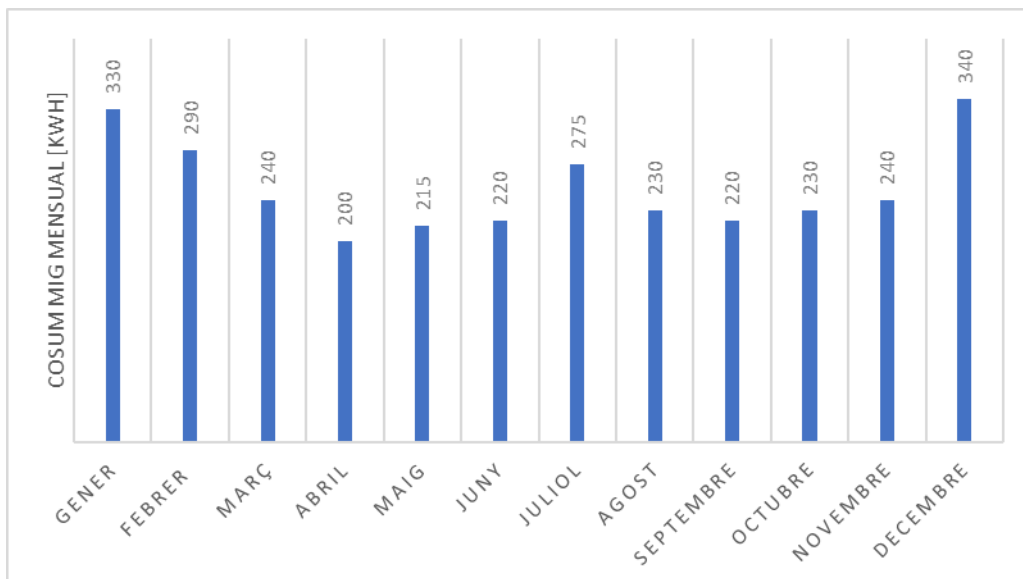


Figura 6-9. Consum mig mensual

Una altra dada que ens interessa i que ens proporciona la REE és la potència mitja contractada que és de 4kW. Malauradament no mencionen la quantitat de persones que formen aquesta família, per tal de calcular el consum per individu. (REE, s.f.). No obstant això, és busca quin és el nombre mig d'integrants a Espanya, i aquest valor és de 2,5 persones de mitjana per habitatge (STATISTA, 2019) i d'aquesta forma es pot aproximar quin és la potència mitja contractada per persona.

Per saber quin és el consum al final de dia, es partirà de la base de que la potència mitja contractada per un ciutadà espanyol és de 4 kW. Amb aquesta dada i la que es pot veure a continuació podem calcular el consum energètic en qualsevol de les franges desitjades. Particularment ens interessarà en aquelles franges en les que les plaques solars produeixin excedents d'energia i aquelles on l'excedent emmagatzemant (en cas de que s'escaigui) serà consumit.

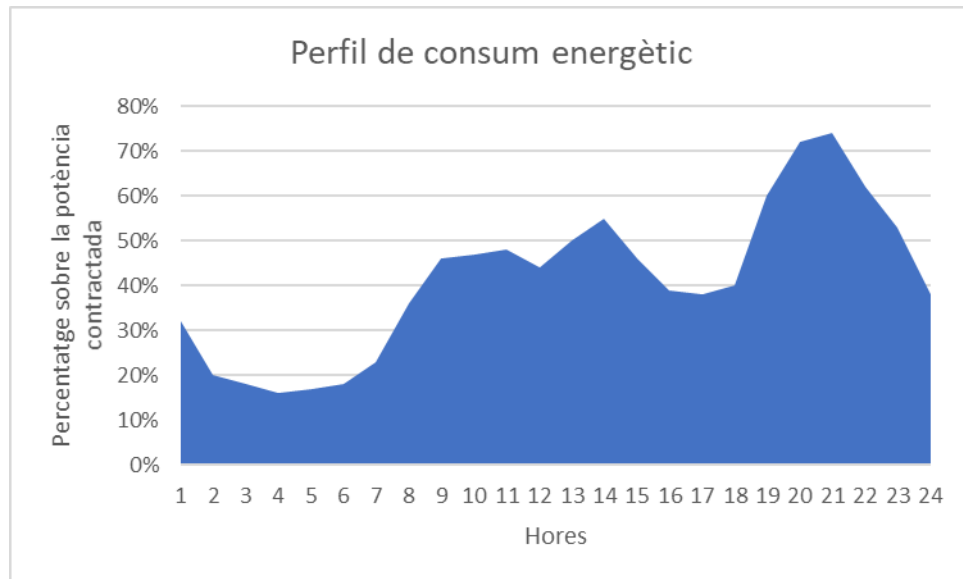


Figura 6-10. Consum energètic segons la potència instal·lada

Un cop es realitza el càlcul multiplicant la potència instal·lada amb el perfil (Figura 6-10), el resultat del consum és 849 kWh/mes, aquest resultat és molt elevat comparat amb la mitjana espanyola, que com s'ha comentat és de 270 kWh/mes. Aquesta diferència tan elevada podria ser deguda a que els consums són diferents en cada país. Per tal d'ajustar el consum a la mitjana espanyola es decideix dividir el consum horari que s'ha obtingut anteriorment pel factor, 3.14, que fa que la mitjana del consum energètic al mes sigui de 270 kWh.

Un altre factor que s'ha de tenir en compte a l'hora de calcular el consum és que la mitjana per habitatge espanyola és diferent de la de l'Eixample de Barcelona (AJUNTAMENT DE BARCELONA, 2020), per tant també se li ha d'aplicar un petit factor de conversió. A la Equació 8 es calcula el consum energètic per habitatge:

$$\sum(P_{\text{inst.}} \times \text{Per. Pot. Inst.}) \cdot \frac{\text{Mitja.Esp}}{\text{Mitja Eix}}$$

Equació 8. Consum mensual per habitatge

**P inst [kW]:** Potència instal·lada a la vivienda

**Perc.Pot.Inst [%]:** Percentatge utilitzat de la potencia instal·lada

**Mitj.Esp:** Mitjana espanyola de persones per habitatge

**Mltj.Eix:** MitjanaEixample de persones per vivnenda

CODI ILLA	SECC CENS	BARRI	NOM DISTRICTE	NOM BARRI	AEB	HABITANTS	NUM PARC
5120	22	6	Eixample	la Sagrada FamÀlia	23	1169	475
5130	23	6	Eixample	la Sagrada FamÀlia	23	1054	474
5140	23	6	Eixample	la Sagrada FamÀlia	23	0	1
5150	24	6	Eixample	la Sagrada FamÀlia	23	424	175
5160	21	6	Eixample	la Sagrada FamÀlia	23	638	292
5170	21	6	Eixample	la Sagrada FamÀlia	23	42	22
5180	24	6	Eixample	la Sagrada FamÀlia	23	597	249
5190	24	6	Eixample	la Sagrada FamÀlia	23	138	72
5200	24	6	Eixample	la Sagrada FamÀlia	23	0	1
5210	20	5	Eixample	el Fort Pienc	22	745	294

*Taula 5. Base de dades del número d'habitants per illa*

Finalment, per saber quin és el consum energètic d'un bloc de pisos de l'Eixample, es busca la mitjana i el total de persones que viuen per habitatge. Les dades publicades per l'Ajuntament de Barcelona (AJUNTAMENT DE BARCELONA, 2020) mostrades a la Taula 5, ens proporcionen la informació de les persones que viuen en cada illa i la mitjana del nombre d'habitants del districte, que és de 2.39.

Així doncs, fent el sumatori dels habitants del barri de l'Eixample i dividit entre el total de les illes de l'Eixample, s'obté la mitjana del nombre de persones que hi viuen, que és de 658.74 persones. Agafant aquest número, 658.74 habitants, i dividint-lo entre 2.39 persones, s'obté el número d'habitatges per illa, que és 227,15.

Per últim, per saber quin és el nombre d'habitatges per bloc, s'agafa un bloc de forma aleatòria, en aquest cas l'illa amb codi 5120, de 24 blocs de pisos. Dividint el número d'habitatges d'aquesta illa entre els blocs, s'obté la mitjana d'habitatges per bloc, que és de 9.46.

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 6. Factor de simultaneïtat.*

Per acabar, l'últim factor que s'ha d'aplicar per calcular l'energia consumida per bloc, és el factor de simultaneïtat a la potència contractada. Aquest factor serveix per repartir els punts pics de consum. En aquest cas el factor de simultaneïtat s'interpolà, per tant amb 9,46 habitatges, el factor de simultaneïtat a aplicar serà de 8,12.

## 7. Estudi de la viabilitat econòmica del bloc tipus

En aquest apartat s'aplicaran tots els càlculs i les hipòtesis realitzades anteriorment. A partir de la superfície útil calculada en l'apartat 6.2 *Anàlisi de les dades* i sabent el consum energètic en l'apartat 6.3 Consum energètic, es proposaran diversos escenaris amb l'*Excel* per trobar la millor configuració en termes econòmics, és a dir, la que doni un millor rendiment econòmic,.

### 7.1. Simulació de l'energia generada en un bloc de pisos tipus mitjançant el programa *PVSyst*

Per calcular l'energia generada, s'utilitzarà el programa *PVSyst* per tal de simular el comportament real d'unes plaques fotovoltaïques situades a l'Eixample de Barcelona. Aquest programa permet fer una simulació horària i generar un full d'*Excel* amb les dades d'energia generada durant les 24 hores del dia al llarg dels 365 dies de l'any.

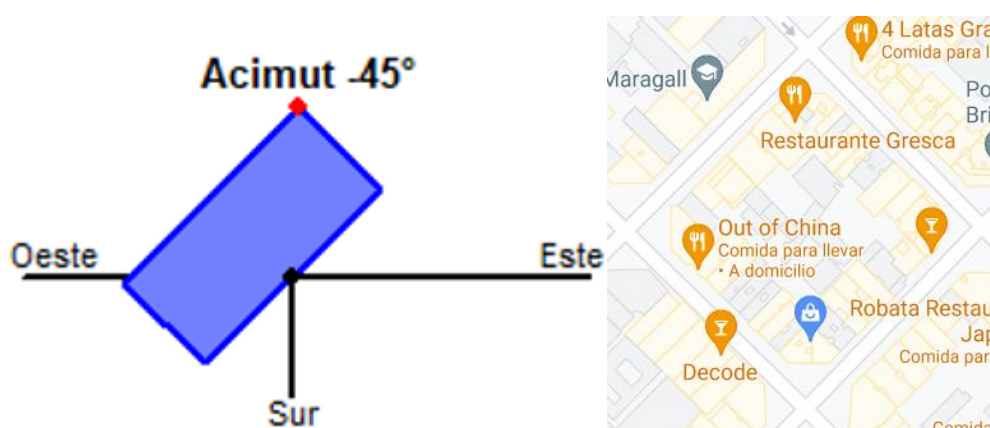
El càlcul de la generació el realitza el programa de forma automàtica, l'operació consisteix en el producte entre la superfície útil disponible i la radiació incident, utilitzant l'Equació 9

$$R \text{ (Wp/m}^2\text{)} \cdot S \text{ (m}^2\text{)} = P \text{ (Wp)}$$

*Equació 9. Càlcul de la generació d'energia fet pel PVSyst*

El programa introdueix una gran ventall de variables per tal d'aconseguir un comportament el més ajustat a la realitat. Primer de tot s'ha de definir la inclinació del panell i l'azimut.

Figura 7-1



*Figura 7-1. Orientació de les plaques i illa de l'Eixample encarada al nord*

El mètode realitzat consisteix en orientar el mapa de Barcelona segons els punts cardinals i en el nostre cas d'estudi els azimuts seran  $45^\circ$  i  $-45^\circ$ , segons quina de les dues orientacions possibles es trobi el bloc de pisos tipus.

La inclinació donada a les plaques anirà variant en les diferents simulacions. La inclinació òptima és entre els  $30^\circ$  i els  $35^\circ$ , com es pot veure en la Figura 7-2, però la realitat és que a mesura que la inclinació augmenta es generen ombres a les plaques del voltant, per tant pot ser que el resultat òptim de la instal·lació variï. Aquesta és la raó per realitzar diverses simulacions.

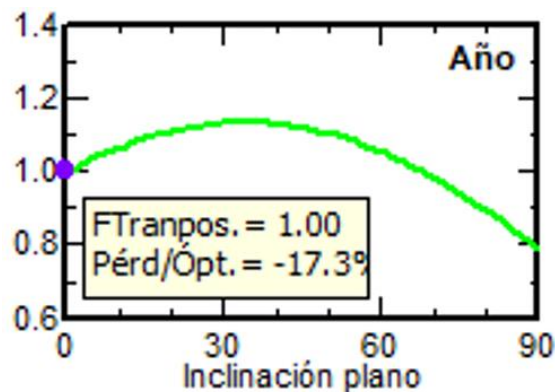


Figura 7-2. Rendiment d'una placa fotovoltaica en funció del grau d'inclinació

Un cop definits aquest dos primers paràmetres que canviaran en cada simulació, la resta no patirà modificacions. El següent pas és definir els paràmetres en els que es vol realitzar el dimensionament, en el nostre cas serà a través de la superfície útil calculat anteriorment, i el valor és de  $36.52 \text{ m}^2$ .

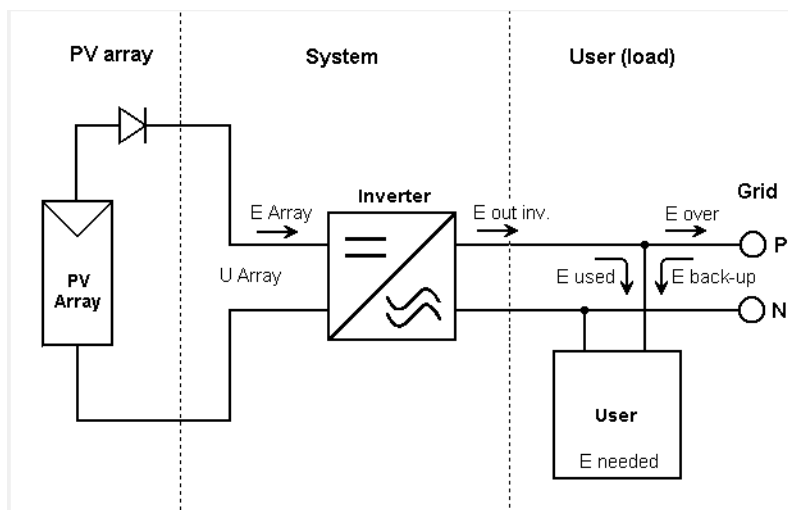


Figura 7-3. Esquema d'una instal·lació fotovoltaica

Després s'ha de seleccionar el mòdul fotovoltaic que es vol utilitzar, podent seleccionar la marca i el model, de cadascun. Es pot consultar la potència pic, el tipus de material amb el que està fet, el nom del model i l'any fabricat (ens indica si és un model nou o antic), per tal d'ajustar al màxim les característiques desitjades. Un altre paràmetre a definir és l'inversor, de la mateixa forma que en les plaques fotovoltaiques, es pot escollir segons marca i model, i les característiques que el defineixen. Per últim, es pot triar la disposició dels panells, quants elements es volen en sèrie i en paral·lel.

Finalment les variables que es determinen són les següents:

- Nombre d'optimitzadors: és molt útil en aquells casos on hi ha un nombre de plaques afectades per una ombra de forma constant. En aquest estudi com s'ha comprovat anteriorment, el 75% de les cobertes de l'Eixample reben una irradiació d'entre el 95% i el 100% de forma contínua, per tant no té molt sentit posar optimitzadors. A més a més, posar optimitzadors en instal·lacions amb una potència instal·lada tan petita no te gaire sentit ja que el cost d'aquest equip és molt més gran que els beneficis energètics que es poden obtenir.
- Pel que fa a les plaques s'han escollit les de la marca Atersa, ja que es tracta d'un bon producte qualitat preu. El model escollit per fer les simulacions serà el de 540 Wp. També s'escull aquest model ja que es tracta d'una tecnologia moderna que garanteix unes bones prestacions en el factor generació d'energia / Preu del panell.
- L'inversor escollit serà el Kostal de 7 kW Piko,IQ 7.0 perquè és un inversor d'una alta qualitat.



- La disposició de les plaques es farà en funció de les dimensions. En aquest cas s'ha considerat que l'espai del que es disposa és rectangular, amb unes dimensions de 8,1 m x 4,6 m per tal d'ajustar la superfície a les característiques dels blocs de l'Eixample que són més allargats que amples.

Aquest software, el PVSyst, té l'opció de definir les pèrdues de les instal·lacions. En la definició d'aquests paràmetres quasi totes les variables que es poden modificar seran iguals en totes les simulacions.

El primer paràmetre de pèrdues és la tèrmica, aquesta és la que es produeix per convecció a l'estar en contacte amb l'atmosfera, les variables a determinar són la conductància de l'aire i el factor de pèrdues pel vent.

Les pèrdues òhmiques són aquelles pèrdues que es produeixen en el cablejat elèctric de la instal·lació per l'efecte Joule. Per tant s'ha de definir la resistivitat òhmica, la longitud i la secció del cable. A més secció menys pèrdues hi haurà, però més car és el cable. La longitud també afectarà a les pèrdues.

Altres paràmetres que afecten a les pèrdues són la qualitat dels mòduls i les pèrdues que es produeixen per brutícia acumulada.

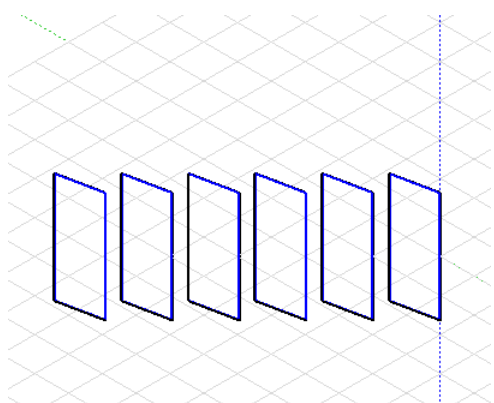
Definició dels paràmetres de les pèrdues:

- Paràmetres tèrmics: S'escullen els valors predeterminats de 20 W/m<sup>2</sup>·k i 0 W/m<sup>2</sup>·k, per a la conductància de l'aire i el del factor del vent respectivament. Per a les pèrdues que es produeixen segons muntatge variarà segons la simulació, l'opció de semi-integrat en cas que la inclinació del panell sigui 0° fins a 15°, i l'opció de captadors lliures en cas que la inclinació sigui superior a 15°.
- Pèrdues òhmiques: Es dimensionen 50 metres de cable per la instal·lació, aquest cable ha de transcórrer des del comptador fins a l'inversor, el primer situat a la planta baixa i el segon situat a la coberta, l'edifici compta amb unes 5 plantes (9 habitatges per bloc) i comptant 4 metres de cable per pis. En aquest cas s'utilitzarà un cable de 4 mm<sup>2</sup> de secció, és el que normalment s'utilitza en les instal·lacions, el software del programa en introduir aquestes característiques fa un càlcul de pèrdues, en aquest cas de 0,7%, un percentatge baix que compleix el reglament de baixa tensió. En cas que el percentatge de pèrdues fos molt elevat, s'hauria d'incrementar la secció del cablejat.
- Qualitat dels mòduls, per defecte es tria un 3% de pèrdues, aquest model de plaques, com s'ha comentat té unes bones prestacions.

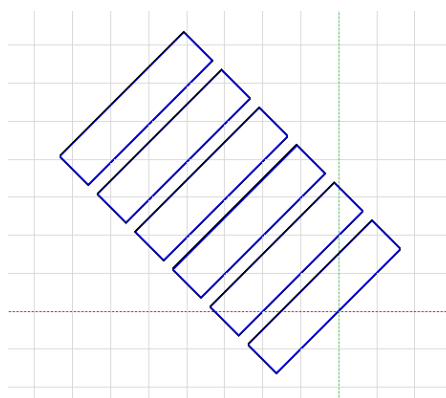
- Pèrdues per contaminació, 5%, superior al donat per defecte (3%) ja que es tracta d'una instal·lació urbana i la pol·lució afecta considerablement a la brutícia que acumulen les plaques.

La quarta pestanya a definir és la del càlcul d'ombres, ja siguin generades per un element estructural de la coberta o les generades per les mateixes plaques solars en la rotació de la terra al sol.

El primer pas serà construir els elements constructius. Per a fer-ho, primer s'ha pensat la distribució. La quantitat de plaques ha vingut determinada pel programa quan s'ha especificat la superfície útil de la que es disposa per col·locar-les i el model (la base de dades incorpora les dimensions de la placa). Com s'ha comentat anteriorment, l'espai del que es disposa és de 8,1 m x 4,6 m, per tant la millor disposició, tenint en compte que les dimensions de cada placa són de 1134mm x 2279mm, serà amb 2 columnes i 6 files, tenint un total 12 plaques. A l'hora de definir la geometria, s'ha de tenir en compte el grau d'inclinació i l'azimut definits anteriorment, com es pot veure en la Figura 7-4 i en Figura 7-5



*Figura 7-4. Disposició de les plaques solars amb un angle d'inclinació de 20°*



*Figura 7-5. Disposició de les plaques solars amb un angle d'inclinació de 0°*

Un cop caracteritzada la instal·lació, programa ens proporciona una petita simulació de les ombres creades que es produiran al llarg d'un dia, facilitant la comprensió del resultat de la simulació, ja que en cas que no sigui satisfactori, es pot trobar una possible explicació mitjançant aquesta eina.

Definits tots els paràmetres, es procedeix a realitzar la simulació. Les simulacions generades són les següents:

Orientació	Inclinació	Energia generada [kWh]	Orientació	Inclinació	Energia generada [kWh]
45º	0º	9339	-45º	0º	8893
45º	5º	9529	-45º	5º	9234
45º	10º	9946	-45º	10º	9421
45º	15º	9937	-45º	15º	9402
46º	20º	9861	-45º	20º	9314
47º	25º	9741	-45º	25º	9188

*Taula 7. Resultats per les diferents simulacions amb un azimut de 45º*      *Taula 8. Resultats per les diferents simulacions amb un azimut de -45º*

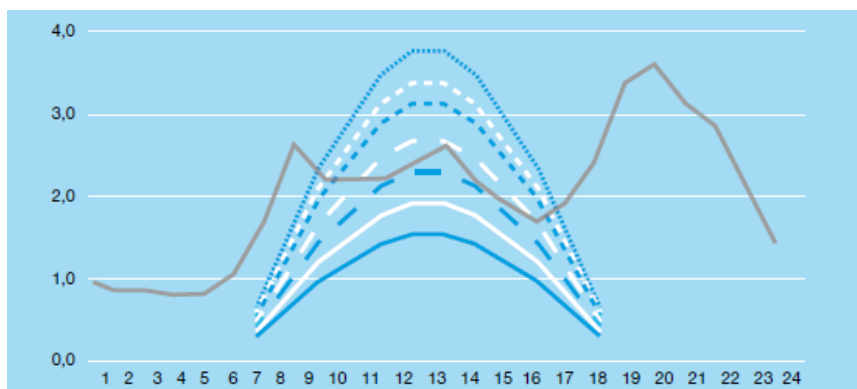
La Taula 7 i la Taula 8 ens proporcionen els resultats de les simulacions amb un azimut de 45º i de -45º. Les simulacions se separen en dos grans grups en funció de l'azimut. En els dos casos l'angle d'inclinació que genera una major energia és el de 10º. La simulació genera un arxiu CSV amb l'energia generada per cada hora, al llarg de 365 dies, que ens servirà per a fer una comparativa entre la demanda anual i l'excedent que es genera. Totes les simulacions s'han realitzat sota les mateixes condicions; mateixes plaques, mateix inversor, modificant únicament l'angle.

A l'annex IV es poden veure les diferents finestres que han servit per a realitzar la simulació.

## 7.2. Càlcul de les necessitats energètiques mitjançant Excel

Un cop calculada l'energia que produeix la instal·lació fotovoltaica al llarg d'un any per cada una de les inclinacions donades al pla, susceptible de ser l'òptima, es realitza el càlcul de l'excedent. L'energia generada introduïda al full d'Excel serà el 97,5% de l'energia obtinguda en la simulació, ja que com bé s'ha demostrat anteriorment, més del 75% de les cobertes dels edificis són considerades "Molt bones". Aquest serà el model utilitzat en aquest projecte, per tant s'utilitzarà el 97,5% que és la mitjana del percentatge del rang establert en la variable.

Un cop calculat el consum i l'energia generada, es fa una comparativa d'aquestes dues variables per saber de forma aproximada quina quantitat d'excedents es poden generar, com es pot veure en l'exemple de la *Figura 7-6*. Corbes de generació energètica horaria produïda per plaques fotovoltaïques vers el consum energètic horari. Aquesta figura, mostra que la corba de generació fotovoltaica pot ser molt més gran o molt més petita que la de consum. Aquesta corba de generació energètica s'haurà de tenir en compte en cas que es produeixin excedents i de com es vulguin gestionar aquests.



*Figura 7-6. Corbes de generació energètica horària produïda per plaques fotovoltaïques vers el consum energètic horari*

Coneguda l'energia generada, s'explicarà *L'Excel* que calcula el consum del bloc tipus. Primer s'ha de definir la potència contractada, la potència de la instal·lació fotovoltaïca i el consum energètic horari, totes amb les dades calculades anteriorment. És evident que el consum no serà igual al llarg del dia ni en les diferents estacions de l'any, ja que el consum no és el mateix quan funciona l'aire condicionat o la calefacció.

Com la majoria d'aquestes dades pertanyen a estudis fets per entitats privades o a estudis protegits, la informació a la que s'ha pogut accedir és limitada. La proposta consisteix a realitzar el càlcul d'excedents utilitzant dues alternatives diferents de consum, sense saber 'a priori' quina pot tenir més precisió. El primer model ha considerat el mateix consum energètic al llarg de tots els dies de l'any seguint el perfil de consum energètic horari que s'ha vist en l'apartat 6.3. El segon mètode és més qualitatiu que l'anterior, però en aquest es contempla la possibilitat de tenir en compte la variabilitat diària i l'estacional que es produeix al llarg de l'any.

En aquest segon mètode es diferenciaran 6 categories de consum (de la 1 a la 6) que a continuació es detallaran a la Taula 9:

- Quatre temporades diferents:
  - Temporada alta (T1): gener, febrer, mig mes de juny, juliol i desembre.
  - Temporada mitja alta (T2): març, mig mes de juny i novembre.
  - Temporada mitja baixa (T3): mig mes de juny, agost<sup>1</sup> i setembre.

<sup>1</sup> El més d'agost al estar més temps fora de casa per vacances, al final acaba tenint un consum energètic molt baix.

- Temporada baixa (T4): abril, maig i octubre.
- Es distingeixen 5 tipus de dia:
  - Tipus A: dilluns a divendres no festius en temporada alta.
  - Tipus B: dilluns a divendres no festius en temporada mitja alta.
  - Tipus C: dilluns a divendres no festius en temporada mitja baixa.
  - Tipus D: dilluns a divendres no festius en temporada baixa.
  - Tipus E: dissabtes i diumenges.

Període horari	Tipus de dia				
	Tipus A	Tipus B	Tipus C	Tipus D	Tipus E
P1	65%	-	-	-	-
P2	45%	45%	-	-	-
P3	-	60,0%	60,0%	-	-
P4	-	-	42,5%	42,5%	-
P5	-	-	-	45%	-
P6	25%	25%	25%	25%	25%

*Taula 9. Diferents franges de consum energètic*

Per calcular el percentatge de la potència instal·lada en cadascuna de les diferents categories, s'ha tingut en compte:

- La mitjana de consum ha de ser més alta en temporada alta i es redueix entre un 2,5% i un 5% a mesura que la demanda energètica canvia de categoria, sent un 12,5% la diferència entre la temporada alta i la temporada baixa.
- Es té en compte que les categories senars sempre tenen un consum més alt que la categoria amb el número següent, és a dir el consum serà més alt en 1 que en 2, en 3 que en 4; però no hi ha la necessitat de que sigui més gran que 3.
- Es té en compte que la mitjana de l'any no sigui gaire diferent de l'opció 1, ja que si no, el resultat estaria força alterat. En aquest cas la diferència és inferior al 0,5%.
- Finalment, de l'estudi de Ramírez (*Ramírez, 2020*), s'ha extret la distribució dels diferents consums al llarg del dia i dels diferents mesos. El resultat del percentatge dels consums al llarg de l'any es veu il·lustrat a la *Taula 10*

	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny (1/2)	Julio (1/2)	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
0   1	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
1   2	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
2   3	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
3   4	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
4   5	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
5   6	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
6   7	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
7   8	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
8   9	45%	45%	42,5%	45%	45%	42,5%	45%	35%	42,5%	45%	42,5%	45%
9   10	45%	45%	42,5%	45%	45%	60%	45%	35%	60%	45%	42,5%	45%
10   11	65%	65%	42,5%	45%	45%	60%	65%	35%	60%	45%	42,5%	65%
11   12	65%	65%	42,5%	45%	45%	60%	65%	35%	60%	45%	42,5%	65%
12   13	65%	65%	42,5%	45%	45%	60%	65%	35%	60%	45%	42,5%	65%
13   14	45%	45%	42,5%	45%	45%	60%	45%	35%	60%	45%	42,5%	45%
14   15	45%	45%	42,5%	45%	45%	60%	45%	35%	60%	45%	42,5%	45%
15   16	45%	45%	42,5%	45%	45%	42,5%	45%	35%	42,5%	45%	42,5%	45%
16   17	45%	45%	60%	45%	45%	42,5%	45%	35%	42,5%	45%	60%	45%
17   18	45%	45%	60%	45%	45%	42,5%	45%	35%	42,5%	45%	60%	45%
18   19	65%	65%	60%	45%	45%	42,5%	65%	35%	42,5%	45%	60%	65%
19   20	65%	65%	60%	45%	45%	42,5%	65%	35%	42,5%	45%	60%	65%
20   21	65%	65%	60%	45%	45%	42,5%	65%	35%	42,5%	45%	60%	65%
21   22	45%	45%	60%	45%	45%	42,5%	45%	35%	42,5%	45%	60%	45%
22   23	45%	45%	42,5%	45%	45%	42,5%	45%	35%	42,5%	45%	42,5%	45%
23   24	45%	45%	42,5%	45%	45%	42,5%	45%	35%	42,5%	45%	42,5%	45%
Dilluns a divendres												
Dissabtes	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Diumenges	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%

Taula 10. Percentatges de consums segons la potència instal·lada



Un cop definides les dues opcions que s'utilitzaran per calcular els consum domèstics es defineix la potència instal·lada i la potència de la instal·lació a l'Excel.

El valor de la potència de la instal·lació pot variar en alguna simulació, per tal d'estudiar alguna situació on no es generin excedents i saber fins a quin punt és més rentable tenir sobreproducció i vendre l'energia al preu de compensació d'excedents, o el fet d'estalviar la compra de plaques.

```
=SI.ND(INDICE('Datos y Cargas'!$E$31:$E$33;COINCIDIR(C5216;'Datos y
Cargas'!$B$31:$B$33;0);0);SI(Y(C5216>='Datos y
Cargas'!$E$25;Horario!C5216<='Datos y Cargas'!$G$25);'Datos y
Cargas'!$B$25;SI(Y(C5216>='Datos y Cargas'!$E$26;Horario!C5216<='Datos y
Cargas'!$G$26);'Datos y Cargas'!$B$26;SI(Y(Horario!C5216>='Datos y
Cargas'!$E$27;Horario!C5216<='Datos y Cargas'!$G$27);'Datos y
Cargas'!$B$27;SI(Y(Horario!C5216>='Datos y
Cargas'!$E$28;Horario!C5216<='Datos y Cargas'!$G$28);'Datos y
Cargas'!$B$28;SI(Y(Horario!C5216>='Datos y
Cargas'!$E$29;Horario!C5216<='Datos y Cargas'!$G$29);'Datos y
Cargas'!$B$29;SI(Y(Horario!C5216>='Datos y
Cargas'!$E$30;Horario!C5216<='Datos y Cargas'!$G$30);'Datos y
Cargas'!$B$30;SI(Y(C5216>='Datos y Cargas'!$E$31;Horario!C5216<='Datos y
Cargas'!$G$31);'Datos y Cargas'!$B$31;"REVISAR"))))))))
```

*Figura 7-7. Codi per a programar el consum horari*

Mitjançant l'anterior comanda s'ha pogut relacionar cada consum horari, diari i mensual amb la seva hora corresponent al *PVsystem*. Aquesta comanda condicional, permet carregar un valor d'una base de dades en funció de l'hora i de la temporada situats en la pestanya "Calculs". Un cop definida la dada del consum es carreguen les dades proporcionades pel *PVSystem*, de producció energètica per cada fracció horaria que produeix el camp fotovoltaic. Finalment per calcular l'excedent es resta l'energia produïda de la consumida, si es produïx més del que es consumeix.

Després de realitzar una primera simulació s'ha observat el comportament de l'energia generada vers el consum i es pot concloure que en l'únic moment que realment hi ha una generació energètica més gran que la demanda és durant el més d'agost, la resta de temporades no es produeixen excedents en els dies laborals. Tot i així, durant la major part de caps de setmana es generen uns excedents, superiors en aquelles èpoques que hi ha més hores de sol i la radiació solar és més intensa.

En l'annex V podent veure els gràfics de consum vers generació energètica en els diferents temporades definides.

### 7.3. Càlcul de l'estalvi econòmic de la instal·lació

L'estalvi econòmic s'ha calculat bàsicament a partir de la diferència existent entre la compra i la producció d'energia, per això, primer ha calgut buscar el preu de l'energia al mercat. En el mes de juny del 2021, es va produir un cavi del sistema tarifari de la llum en el qual existien tres sistemes tarifaris diferents (el 2.0 D, el 2.0 DHA i el 2.0 DHS) entre d'altres. Actualment només existeix un i amb discriminació horària de tres trams, tot i això les companyies segueixen tenint ofertes per als consumidors basades en les anteriors tarifes. El resultat ha estat buscar tres tarifes diferents seguint amb el model teòric explicat en 5.2. Les tres tarifes escollides fan referència a cadascuna d'aquestes modalitats, una amb preu fix tot l'any (IBERDROLA, 2021), amb dues franges horàries (IBERDROLA, 2021) i amb tres franges horàries (SOM ENERGIA, 2021).

El càlcul de l'estalvi es farà de la següent forma:

- 1- Es calcula el cost del consum elèctric sense tenir en compte la producció d'energia:

$$\text{Consum energètic horari [kWh]} \cdot \text{Preu tarifa [€ / kWh]} = \text{Cost consum energètic [€]}$$

*Equació 10. Cost del consum elèctric*

- 2- Es calcula l'estalvi directe produït per la generació d'energia de la instal·lació:

$$\text{Producció energètica horària [kWh]} \cdot \text{Preu tarifa [€ / kWh]} = \text{Estalvi directe [€]}$$

*Equació 11. Estalvi directe*

- 3- L'estalvi indirecte:

- a. En cas de no disposar de bateria, l'estalvi és aquell produït per la compensació d'excedents. El preu del kWh compensat ve marcat per la REE, però aquest valor varia cada dia en funció de l'energia generada. La majoria part d'usuaris tenen contractada una tarifa PVPC on el preu de la compensació d'excedents varia en funció de la comercialitzadora que s'hagi escollit. *HolaLuz* és l'empresa que ofereix un preu més alt, ja que el seu model de negoci aposta fortament per les energies renovables i ofereix 7c€/kWh mentre que altres comercialitzadores més conegudes com *Endesa* o *Iberdrola* no ofereixen un preu per la compensació, entre 4-5 c€/kWh. El valor escollit en aquest treball ha estat l'ofert per Som Energia de 0,064865 €.



A l'equació 12 es pot observar com es produeix el càlcul de l'estalvi indirecte d'excedents

$$\begin{aligned} \text{Energia excedent [kWh]} \cdot \text{Preu compensació d'excedents [€ / kWh]} = \\ = \text{Estalvi indirecte [€]} \end{aligned}$$

*Equació 12. Estalvi indirecte*

- b. En cas de disposar de bateria, l'estalvi indirecte és aquell que es produeix quan es consumeix l'energia de la bateria, més l'excedent sobrant que no s'ha pogut emmagatzemar, que per tant també es multiplica per el coeficient contractat amb la distribuïdora d'energia. En aquest càlcul només es té en compte el terme energia consumida de la factura ja que és el que és el que es redueix quan s'utilitzen plaques, i el terme de potència contractada quedarà igual.

Aquesta variable és més complicada de calcular ja que existeixen diverses estratègies de consum de l'energia de la bateria, i també depèn de si existeix un regulador de l'energia.

Una primera estratègia podria ser acumular energia i consumir-la quan el preu de l'electricitat és més car. Una segona estratègia és consumir energia de la bateria quan arriba a un 100% de la seva capacitat i parar quan aquesta es descarrega un 50%, tot i hi han moltes més possibilitats. En l'estudi del bloc de pisos tipus, la primera opció és la escollida, ja que els càlculs se simplifiquen molt.

Per saber quina bateria és la que s'utilitzarà, primer de tot s'ha de calcular la capacitat requerida, per a fer el càlcul s'ha agafat un dia aleatori del mes d'agost, el mes que té més excedents de tot l'any. L'energia generada horària és d'1 kWh durant les hores que es genera. El càlcul ha seguit les equacions proporcionades per una pàgina web (TEMPEL GROUP, s.f.) (Equació 13 i Equació 14).

$$\text{Potència horària } \times \text{ hores amb excedents} = 1 \text{ [kW]} \times 6 \text{ [h]} = 6000 \text{ W}$$

*Equació 13. Conversió de Wats a Ampers*

$$\frac{\text{Potència diària}}{\text{eficiència bateria}} = \frac{6000 \text{ [kW]}}{0,85} = 7058 \text{ W}$$

$$\text{Capacitat bateria} = \frac{7058 \text{ [W]}}{12 \text{ [V]}} = 589 \text{ Ah}$$

*Equació 14. Capacitat bateria*

En el cas d'aquest estudi, la profunditat de bateria que s'ha fixat és del 85%, com podria ser el de les bateries de liti.

Una altra característica de les bateries que s'ha de tenir en compte en els càlculs, és el cicle de vida que tenen. Aquest terme depèn estrictament del cicles de vida que pugui realitzar la bateria. El terme cicle s'entén com el procediment en què la bateria es carrega, es descarregada i es carrega un altre cop. Aquest càlcul serà important a l'hora de saber quan s'ha de comprar una altra bateria i així tenir-lo en compte en el càlcul econòmic (Equació 15):

$$\text{Vida útil} = \frac{\text{Cicles de la bateria}}{\text{Cicles anuals}}$$

*Equació 15. Vida útil de la bateria*

Pel que fa a l'aplicació d'aquest concepte en el model d'estudi, s'ha proposat que puguin realitzar un i dos cicles per tal d'escollir la millor de les opcions.

En l'annex VI es pot veure quina forma té el document d'Excel i els diferents codis que han servit per realitzar tots els càlculs.

## 7.4. Càlcul del cost de la instal·lació

L'últim apartat a tenir en compte per poder dur a terme la viabilitat econòmica contempla els costos de la instal·lació. En aquest punt és interessant esbrinar quin és el cost unitari en forma d'energia de les plaques solars, bateries i altres elements que puguin requerir la instal·lació, és a dir, quin és el cost de posar una placa més o de posar una bateria

Abans de respondre a aquestes preguntes, es procedirà a explicar i justificar els costos de la instal·lació. Per a poder-ho fer, s'han analitzat algunes obres i rehabilitacions publicades, per tal de poder ser el més acurat possible, també s'obindrà informació del cost de materials gràcies a l'ITeC (Institut de Tecnologia de la Construcció) (ITeC, 2021) que té una ampla base de dades de preus de productes.

#### 7.4.1. Justificació de preus dels elements de la instal·lació

##### 7.4.1.1. Enginyeria

És el cost d'aquesta partida consisteix bàsicament en l'elaboració del projecte i la realització de tots els càlculs necessaris en un projecte d'aquestes característiques. Aquesta partida representa els honoraris del despatx d'enginyeria (Taula 11)

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
1.1		Elaboració del projecte, direcció d'obra, replanteig i coordinació d'activitats empresarials. Realització d'estudi de consums, càlculs de producció solar, dimensionament d'equips, descripció tècnica, esquema unifilar, gestió de compres i direcció facultativa. Inclou legalització i tràmits amb companyia elèctrica			
	Uts		1000	1	1000
		TOTAL			1000,00

*Taula 11. Pressupost (I)*

##### 7.4.1.2. Estructura

Les següents partides fan referència a la rehabilitació, muntatge de l'estructura i cimentació que s'haurà de fer a la coberta del bloc de pisos on es faci la instal·lació (Taula 12 i Taula 13)

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
2.1		Subministrament i col·locació per a reforç puntual de membrana impermeabilitzant fixada mecànicament, constituïda per una làmina sintètica de TPO Flagon EP / PR 150 de gruix 1,5 mm, estabilitzada dimensionalment amb feltre de malla de poléster, resistent als raigs UV, agents atmosfèrics i arrels, amb una resistència a tracció > / = de 1100 N / 5 cm (UNI eN-12.311-2), elongació a ruptura > 15% (UNI eN 12.311-2) i una resistència al punxonament estàtic > 20 kg (UNI eN 12730), soldada mitjançant termofusió amb aire calent en els cavalcaments i reforçada en cantonades i racons amb ANGLES FLAG; fixada en tot el perímetre de remuntador vertical per mitjà de BARRA PERFORADA DE XAPA GALVANITZADA FLAG, incloent JUNTA antipunxonament FLAG.			
	m2		54,52	5	272,6
		Acabat de terrat amb capa de protecció de formigó lleuger d'argila expandida de densitat 500 a 600 kg/m3, de 5 cm de gruix. Criteri d'amidament: m2 de superfície amidada segons les especificacions de la DT. Amb deducció de la superfície corresponent a obertures, d'acord amb els criteris següents:- Obertures <= 1 m2: No es dedueixen - Obertures > 1 m2: Es dedueix el 100%			
	m2		7,99	5	39,95
		TOTAL			312,55

Taula 12. Pressupost (II)

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
2.2	h	Manobre	15,57	0,05	0,7785
	h	Oficial 1a paleta	18,62	0,05	0,931
	u	Peu de formigó prefabricat per a fites d'aresta	2,33	1	2,33
		TOTAL			4,04

Taula 13. Pressupost (III)

#### 7.4.1.3. Gestió de residus

Aquestes partides recullen el cost de la recollida i l'abocament dels residus (Taula 14 i Taula 15)

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
3.1	h	Mà d'obra	15,57	0,887	13,81
		TOTAL			13,81

Taula 14. Pressupost (IV)

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
3.2	m3	Subministrament i recollida de residus amb contenidor, de 4 a 6 m3 de capacitat	9,02	0,887	8,00
		TOTAL			8,00

Taula 15. Pressupost (V)

#### 7.4.1.4. Quadres

Un percentatge important del pressupost recau sobre les següents partides que inclouen la compra i la instal·lació tenint en compte la legislació vigent en el cas de la venda d'excedents d'energia. També estan inclosos els inversors i els accessoris. El model de l'inversor escollit és el Piko IQ 7.0 de Kostal i el preu s'ha triat en base a una mitjana dels preus que tenen els diferents distribuïdors del producte (de la Taula 16 a la Taula 19)

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
4.1.1	h	Oficial 1a electricista	19,1	1,24	23,684
	Uts	Interruptor diferencial 63A 30mA 4P tipus AC, protegit contra desconexions intempestives.	293,14	1	293,14
	Uts	Armari quadre elèctric per allotjar els component indicats en la descomposició de la partida en la que s'inclou un 30% d'espai de reserva. Construcció i components segons plec de condicions tècniques. Característiques principals: · Grau de protecció IP65, IK08 · Porta transparent o opaca · Regletes de connexió de terra	82,32	1	82,32
	Uts	Part proporcional d'accessoris	1	2,23	2,23
	Uts	Conjunt de protecció combinada contra sobretensions transitòries y permanents associades a un interruptor general automàtic de 4P, 63A, 6/10kA, corba C. Característiques protecció sobretensions: · intensitat màxima de descarrega 15kA, nivell de protecció Up inf. o igual 1,5 kV . · Tensió de desconexió para sobretensions permanents, Vac: >280V c.a. (UNE EN 50550, UNE EN 61643-11)	424,39	1	424,39
	Uts	Contactador 63A amb 4 contactes NT. Contactador excitat pel regulador d'autoconsum instantani d'injecció 0 Lacecal ITR 2.0 existent en la instal·lació actual. Actua com a protecció redundat per assegurar la injecció 0.	145,53	1	145,53
		TOTAL			971,294

Taula 16. Pressupost (VI)

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
4.1.2		Ajudant electricista	17,21	0,2	3,442
		Oficial 1a electricista	19,1	0,2	3,82
		Substitució de fusibles existents (40A) aigües avall del comptador d'energia fotovoltaica, per un fusible de 100A gG. Base DO3.	2,5	4	10
		Substitució del cablejat existent de 10mm <sup>2</sup> entre quadre existent d'energia fotovoltaica i el comptador per un cable de 35mm <sup>2</sup> . Línia elèctrica formada per cables de designació UNE RZ1-K 0.6/1 kV muntatge en tubo o safata, amb parte proporcional de accesoris y petit material. 4x35 Temp. máxima del conductor: 90°C Temp. máxima en cortocircuit: 250°C (màxim 5 s). Temp. mínima de servei: -40°C	22,87	1	22,87
		TOTAL			40,132

Taula 17. Pressupost (VII)

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
4..1.3		Oficial 1a electricista	19,1	0,5	9,55
		Substitució de fusibles existents (40A) aigües avall del comptador d'energia fotovoltaica, per un fusible de 100A gG. Base DO3.	2,5	4	10
		Part proporcional d'accessoris	1	6,25	6,25
		TOTAL			25,8

Taula 18. Pressupost (VIII)

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
4.1.4	h	Ajudant electricista	17,21	2	34,42
	h	Oficial 1a electricista	19,1	2	38,2
	Uts	Part proporcional d'accessoris	1	10	10
	Uts	Inversor trifàsic per a instal·lació fotovoltaica amb connexió a xarxa. Inclou estructura de suport. Instal·lació en exterior.	1750	1	1750
		TOTAL			1832,62

Taula 19. Pressupost (IX)

**7.4.1.5. Cablejat**

Partides que inclouen el cablejat necessari per a la connexió dels diferents equips de la instal·lació (de la Taula 20 a la Taula 26).

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
4.2.1	h	Ajudant electricista	17,21	0,04	0,6884
	h	Oficial 1a electricista	19,1	0,04	0,764
	m	cable de coure nu 16mm2	0,59	1	0,59
	m	Línia elèctrica formada per cables de designació UNE RZ1-K 0.6/1 kV muntatge en tubo o safata, amb part proporcional de accessoris y petit material. 4x10+10mm2 Temp. màxima del conductor: 90°C Temp. màxima en curtcircuit: 250°C (màxima 5 s). Temp. mínima de servei: -40°C 1,000 x 6,09000 = 6,09000	6,09	1	6,09
		TOTAL			8,13

*Taula 20. Pressupost (X)*

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
4.2.2	h	Ajudant electricista	17,21	0,052	0,89492
	h	Oficial 1a electricista	19,1	0,052	0,9932
	m	Substitució del cablejat existent de 10mm2 entre quadre existent d'energia fotovoltaica i el comptador per un cable de 35mm2. Línia elèctrica formada per cables de designació UNE RZ1-K 0.6/1 kV muntatge en tubo o safata, amb parte proporcional de accesorios y petit material. 4x35 Temp. máxima del conductor: 90°C Temp. máxima en curtcircuit: 250°C (màxim 5 s). Temp. mínima de servei: -40°C	22,87	1	22,87
		TOTAL			24,76

*Taula 21. Pressupost (XI)*

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
4.2.3	h	Ajudant electricista	17,21	0,032	0,55072
	h	Oficial 1a electricista	19,1	0,032	0,6112
	m	Cable de designació ZZ-F 0.6/1kV AC 1,8kV DC muntatge en tubo o safata, amb parte proporcional de accesorios y petit material. 2x6mm2 Indicat per a la connexió entre moduls fotovoltaics al quadre eléctric i desde quadre eléctric a inversor. Para instalar a la intemperie. Temp. máxima del conductor: 120°C. Temp. máxima en cortocircuit: 250°C (màxim 5 s). Temp. mínima de servei: -40°C	0,39	1	0,39
		TOTAL			1,55

Taula 22. Pressupost (XII)

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
4.2.4	h	Ajudant electricista	17,21	0,04	0,6884
	h	Oficial 1a electricista	19,1	0,04	0,764
	m	Cable de designació ZZ-F 0.6/1kV AC 1,8kV DC muntatge en tub o safata, amb parte proporcional de accesorios y petit material. 2x16mm2. Indicat per a la connexió entre moduls fotovoltaics al quadre eléctric i desde quadre eléctric a inversor. Para instalar a la intemperie. Temp. máxima del conductor: 120°C. Temp. máxima en cortocircuit: 250°C (màxim 5 s). Temp. mínima de servei: -40°C	0,97	1	0,97
		TOTAL			2,42

Taula 23. Pressupost (XIII)



Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
4.2.5	h	Ajudant electricista	17,21	0,05	0,8605
	h	Oficial 1a electricista	19,1	0,13	2,483
	Uts	Part proporcional d'accessoris	1	4,95	4,95
		Safata metàl·lica tipus malla de varillas electrosoldades galvanitzat en calent (EN ISO 1461, indicat per a instal·lacions exteriors), amb vora de seguretat per a la conducció de cablejat elèctric. Inclús tapa, unions, soports i accesoris de distribució de cablejat. Trasejada amb un cable de terra de 25mm <sup>2</sup> .			
	m	Dimensions: 100x35mm	12,42	1	12,42
	m	cable de coure nu 16mm <sup>2</sup>	0,59	1	0,59
		TOTAL			21,30

Taula 24. Pressupost (XIV)

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
4.2.6	h	Ajudant electricista	17,21	0,05	0,8605
	h	Oficial 1a electricista	19,1	0,13	2,483
	Uts	Part proporcional d'accessoris	1	4,95	4,95
		Safata metàl·lica tipus malla de varillas electrosoldades galvanitzat en calent (EN ISO 1461, indicat per a instal·lacions exteriors), amb vora de seguretat per a la conducció de cablejat elèctric. Inclús tapa, unions, soports i accesoris de distribució de cablejat. Trasejada amb un cable de terra de 25mm <sup>2</sup> .			
	m	Dimensions: 100x35mm	15,01	1	15,01
	m	cable de coure nu 16mm <sup>2</sup>	0,59	1	0,59
		TOTAL			23,89

Taula 25. Pressupost (XV)

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
4.2.7	h	Ajudant electricista	17,21	0,05	0,8605
	h	Oficial 1a electricista	19,1	0,052	0,9932
	Uts	Part proporcional d'accessoris	1	0,24	0,24
	m	Tub metàl·lic d'acer galvanitzat o plàstic lliure d'halògens no propagador de la flama, muntatge superficial. D50	4,56	1	4,56
		TOTAL			6,65

Taula 26. Pressupost (XVI)

#### 7.4.1.6. Mòduls

Partides dels mòduls fotovoltaics, model 540W A-540M ATERSA GS. Aquest apartat també inclou la posada en marxa de la instal·lació (Taula 27).

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
4.3.1	h	Oficial 1a electricista	19,1	15	286,5
	h	Ajudant electricista	17,21	15	258,15
	Uts	Conjunt de mòduls fotovoltaics flexibles formant camp de captació sobre coberta plana, material de base del mòdul compatible amb el sistema d'impermeabilització de la coberta. Inclou cables de connexió i elements o sistema de subjecció a la coberta.	215,02	12	2580,24
		Posada en marxa de la instal·lació. Inclou la gestió amb les companyies subministradores, la redacció del projecte de legalització de la instal·lació i la gestió de la seva legalització final.	0	1	0
		TOTAL			3124,89

Taula 27. Pressupost (XVII)

#### 7.4.1.7. Bateries

Aquest partida no estarà inclosa en totes les simulacions ja que no se sap a priori si serà necessària o no, s'introdueix en el programa *d'Excel* i en la memòria ja que és un element que es té en compte en tot moment però la seva incorporació en la instal·lació no se sap si serà la òptima i si el model escollit a priori serà el definitiu. Tot i així, el model que s'utilitzarà per dimensionar el cost de la bateria en les simulacions que siguin necessàries, és el model OPzS SOLAR 660 / 660 Ah C120 d'Atersa amb un cost de 1150 €, aplicant un 5% de descompte respecte el preu de venda al públic (Taula 28)

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
5.1	h	Oficial 1a electricista	19,1	15	286,5
	h	Ajudant electricista	17,21	15	258,15
	Uts	Bateria fotovoltaica amb una capacitat de 660 Ah seguint els càlculs realitzats. Inclou cables de connexió i elements o sistema de subjecció a la coberta.	1150	1	1150
		Posada en marxa de la instal·lació. Inclou la gestió amb les companyies subministradores, la redacció del projecte de legalització de la instal·lació i la gestió de la seva legalització final.	0	1	0
		TOTAL			1694,65

Taula 28. Pressupost (XVIII)

### 7.4.2. Pressupost

Un cop explicades i desglossades totes les partides necessàries per a la instal·lació es presenta el pressupost model, ja que el cost final de la instal·lació es definirà després de totes les simulacions pertinents, s'haurà d'acabar de decidir el nombre de plaques i si es posa bateria i de quina capacitat. En aquest pressupost model, s'incorporen 12 plaques fotovoltaïques sense bateria.

En l'annex VIII es pot veure el pressupost total de la instal·lació, que és de 9438 € després d'aplicar l'IVA.

En l'annex IX es pot veure les fitxes tècniques dels inversors, de les plaques fotovoltaïques i de la bateria.

### 7.4.3. Cost de Manteniment

Un cop valorada la instal·lació fotovoltaica, econòmicament parlant, a l'hora de calcular els beneficis de la inversió (VAN, TIR...) també s'ha de tenir en compte el cost de manteniment. Aquest és anual i té en compte diversos aspectes. Per tal de dimensionar els preus de les accions que es duen a terme en el manteniment de la instal·lació, s'ha consultat una comunitat online que serveix per informar als professionals de les tarifes i preus bàsics que s'han de facturar (Habitissimo, 2021).

Les accions que s'han de realitzar per dur a terme un bon manteniment són diverses, la més importat és la neteja dels panells solars, també s'ha de comprovar el nivell de líquid de les càrregues de les bateries, que l'inversor i el carregador funcionen sense problemes i, també, l'estat dels cables i les connexions. Altres factors que influeixen en el cost de manteniment d'una instal·lació poden ser la ubicació d'aquesta, (si està en un lloc de difícil accés o si l'edifici és de gran alçada), la dimensió de la instal·lació i si és necessari reparar alguna part de la instal·lació, entre d'altres (Taula 29).

Codi	Mesura	Descripció	Preu unitari	Unitats	TOTAL
	h	Oficial 1a electricista	15	5	75
	h	Ajudant electricista	15	5	75
	Uts	Manteniment complet de la instal·lació fotovoltaica	80	1	80
	Uts	Neteja dels panells solars	96	1	96
	Uts	Acumulador d'energia	20	0	0
		TOTAL			326,00

*Taula 29. Cost de manteniment desglossat*

En el desglossament de les partides, hi ha una que és específica pels casos en que hi hagi una bateria instal·lada.

## 7.5. Indicadors econòmics de la instal·lació

Per acabar l'apartat econòmic i per tal de ser capaços de valorar quina configuració és la que optimitza els beneficis econòmics de posar una instal·lació fotovoltaica als pisos de l'Eixample es calcula el període de retorn de la instal·lació, el VAN i el TIR, Aquests indicadors, també ens serviran per calcular la rendibilitat econòmica de la inversió.

El VAN i el TIR s'han calculat mitjançant les fórmules que es poden veure a continuació:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

*Equació 16. VAN. Valor Actual Net*

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

*Equació 17. TIR. Tasa Interna de Retorn*

A l'hora de realitzar el càlcul del VAN en l'Excel, primer s'ha calculat cada terme de l'equació i després s'ha realitzat el sumatori. Per a la taxa TIR s'ha utilitzat la funció predeterminada de l'Excel, escollint les dades de cadascun dels termes calculats de forma individual en el VAN.

L'horitzó que s'ha posat a l'hora de calcular aquests indicadors és de 25 anys, ja que és la mitjana de vida útil de les plaques fotovoltaïques, tenint en compte que es fa un bon ús i manteniment de les instal·lacions, i també, perquè és el que afirma la fitxa tècnica de la companyia Atersa en els models escollits. A partir de l'any 25 les plaques segueixen produint energia, tot i que a un rendiment menor, d'aquesta forma segueix rendibilitzant la instal·lació.

En el càlcul d'aquest dos indicadors s'ha de tenir en compte l'esperança de vida de la bateria, ja que quan aquesta arribi al seu límit s'haurà de comprar una altra, fins a arribar als 25 anys de vida útil de les plaques fotovoltaïques.

## 8. Comparativa dels diferents escenaris del bloc tipus

L'última part de l'estudi del bloc de pisos tipus, tracta de trobar la configuració òptima que maximitzi els beneficis econòmics d'instal·lar plaques solars a l'Eixample de Barcelona. Per realitzar-ho, ha estat necessari dur a terme tots els apartats anteriors per tal de poder justificar els resultats amb el màxim rigor possible.

La graella comparativa es distribueix en tres parts diferents, la primera fa referència a la configuració de la instal·lació, grau d'inclinació de les plaques i l'energia generada. La segona part consisteix en l'estudi dels costos generats de l'energia consumida i dels estalvis generats i a la tercera es presenta el cost de la instal·lació i el rendiment econòmic obtingut, a través del TIR, de les dues configuracions que es plantegen (Taula 30 i Taula 31).

COMPARATIVA DE LA INSTAL·LACIÓ AZIMUT 45º

Número simulació	INSTAL·LACIÓ						ESTALVI GENERAT						INVERSIÓ	
	Inclinació	Nº plaques	Consum [kWh]	Cap. Bateria [Ah]	Excedents [kWh]	Ene.gen. [kWh]	Tarifa 2.0 A	Tarifa 2.0 DHA	Tarifa 2.0 DHS	Estalvi	Cost inst. [€]	Període return	TIR 1	TIR 2
1	10º	12	Op. 1 / 34496	NO	71.47	9182.55	5.007,00 €	5.437,00 €	6.131,00 €	1.327,00 €	9366,65	9,36 anys	0,92%	1,19%
2	10º	12	Op. 2 / 39587	NO	780.54	9182.55	5.746,00 €	6.121,00 €	6.862,00 €	1.270,00 €	9366,65	9,22 anys	0,06%	0,61%
3	10º	12	Op. 1 / 34496	660	71.47	9182.55	5.007,00 €	5.437,00 €	6.131,00 €	1.333,00 €	11416,39	11,57 anys	-3,17%	-3,17%
4	10º	12	Op. 2 / 39588	660	780.54	9182.55	5.746,00 €	6.121,00 €	6.862,00 €	1.323,00 €	11416,39	11,69 / 11,91	-3,75%	-3,37%
5	10º	10	Op. 1 / 34497	NO	2	7788,3	5.007,00 €	6.121,00 €	6.862,00 €	1.130,00 €	-8845,51	11,65 anys	-3,30%	-3,30%
6	10º	10	Op. 2 / 39589	NO	392	7788,3	5.746,00 €	6.121,00 €	6.862,00 €	1.099,00 €	-8845,51	12,12 anys	-4,11%	-3,60%

Taula 31. Comparativa 45º

COMPARATIVA DE LA INSTAL·LACIÓ AZIMUT -45º

Número simulació	INSTAL·LACIÓ						ESTALVI GENERAT						INVERSIÓ	
	Inclinació	Nº plaques	Consum [kWh]	Cap. Bateria [Ah]	Excedents [kWh]	Ene.gen. [kWh]	Tarifa 2.0 A	Tarifa 2.0 DHA	Tarifa 2.0 DHS	Estalvi	Cost inst. [€]	Període return	TIR 1	TIR 2
1	10º	12	Op. 1 / 34495	NO	123	9692,475	5.007,00 €	5.437,00 €	6.131,00 €	1.397,00 €	9365,86	8,75 anys	2,27%	2,65%
2	10º	12	Op. 2 / 39587	NO	915	9692,475	5.746,00 €	6.121,00 €	6.862,00 €	1.333,00 €	9365,86	8,76/9,30	1,28%	1,85%
3	10º	12	Op. 1 / 34496	660 Ah	123	9692,475	5.007,00 €	5.437,00 €	6.131,00 €	1.407,00 €	11416,39	10,56 anys	-1,38%	-1,38%
4	10º	12	Op. 2 / 39588	660 Ah	915	9692,475	5.746,00 €	6.121,00 €	6.862,00 €	1.393,00 €	11416,39	10,91/10,70	-2,01%	-1,78%
5	10º	10	Op. 1 / 34497	NO	0	8372,325	5.746,00 €	6.121,00 €	6.862,00 €	1.175,00 €	9438,53	10,53 anys	-1,33%	-1,33%
6	10º	10	Op. 2 / 39589	NO	467	8372,325	5.746,00 €	6.121,00 €	6.862,00 €	1.102,00 €	9438,53	11 anys	-2,13%	-1,68%

Taula 30. Comparativa -45º

L'elecció de la millor configuració s'ha basat en determinar quina tenia un TIR superior, ja que el criteri de valoració ha estat únicament l'econòmic. L'objectiu del treball és trobar la configuració de rendiment més elevat per tal d'afavorir incitatives de caràcter individual per instal·lar plaques solars fotovoltaiques a les cobertes dels blocs de pisos de l'Eixample.

Un cop observades les taules anteriors, es pot concloure que per aquests blocs de pisos, la configuració òptima és la mateixa per ambdós casos, tot i que una és capaç de generar lleugerament més energia. La configuració òptima per als dos casos és la que té una inclinació de  $10^\circ$  respecte l'horitzontal, ocupant tot l'espai disponible per instal·lar plaques solars, 12 plaques sense acumuladors d'energia. S'ha seguit l'opció 2 del model energètic de consum i s'ha triat la tarifa elèctrica 2.0 D, per ser la factura elèctrica més econòmica.

## 8.1. Comparativa Energia de Barcelona vers Bloc tipus

Si es comparen les dades que es van utilitzar per generar la base de dades de càlcul de la superfície mitjana de les cobertes de l'Eixample, es pot veure una clara millora sobre l'estudi que es va fer en aquell moment. A la es poden observar els principals trets diferencials dels dos models. Per realitzar aquesta comparativa s'ha agafat un edifici amb una potència instal·lada similar; per a la orientació de  $-45^\circ$ , al carrer Provença entre el carrer Enric Granados i el carrer Aribau (Figura 8-1) i per a la orientació de  $45^\circ$ , al carrer Muntaner entre el carrer Aragó i el carrer València (Figura 8-2).

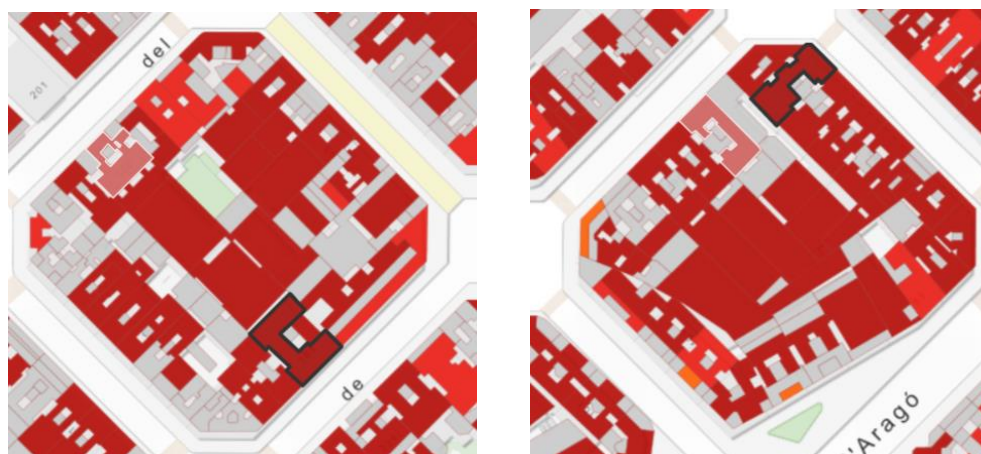


Figura 8-1. Cruïlla del carrer Diputació amb el carrer Bailen

Figura 8-2. Cruïlla del carrer Villaroel amb el carrer Aragó

Es pot concloure que amb una potència similar, l'energia generada és menor, per altra banda la inversió és molt superior, el cost de manteniment és similar, mentre que els estalvis generats són més alts en el bloc tipus. Aquestes dades indiquen, clarament, que l'estudi realitzat per el bloc tipus presenten uns resultats més optimistes que els d'Energia de Barcelona pel que fa a la viabilitat econòmica. Aquests resultats varietat de resultats poden venir donats pel creixement que s'està produint en aquest sector, on s'ha incrementat el capital invertit, donant lloc a la creació de més empreses, fet que permet obtenir preus més competitius dels components necessaris, així com un avenç tecnològic superior (Taula 32).

	Energia de Barcelona		Bloc tipus	
	Molt bona	Molt bona	Molt bona	Molt bona
Radiació solar incident	Molt bona	Molt bona	Molt bona	Molt bona
Orientació	45º	-45º	45º	-45º
Superfície [m2]	64,6	65,45	32	32
Pot. Instal·lable [kW]	6,1	6,19	6,48	6,48
Ene. Generada [kWh]	7630,88	7731,28	9421	9464
Inversió instal·lada [€]	21366	21648	9438,53	9438,53
Cost mant. [€/any]	300	300	326	326
Estalvi eco. [€/any]	916	928	1327	1397

*Taula 32. Energia de Barcelona vers Bloc tipus*

Si es compara la metodologia que han aplicat els dos estudis hi ha diferències, la més significativa és a l'hora de calcular la superfície per a posar les plaques. El càlcul que fa Energia de Barcelona utilitza el 70% de la superfície útil calculada per tal d'eviar ombres entre les plaques. En el cas del bloc tipus s'ha utilitzat tota la superfície i posar unes plaques de potència superior, 270 W vers 540 W. Es demostra que és millor agafar tota la superfície disponible, ja que tot i que la potència instal·lada és similar, la producció energètica és superior. Aquest fet també ve recolzat quan s'ha demostrat que per una superfície és millor posar les plaques amb un grau d'inclinació per sota del seu òptim per tal d'aprofitar tota la superfície disponible i no generar ombres a les altres plaques de la instal·lació.



A continuació es mostren tres ratios a la Taula 33.

$$\text{Ratio 1} = \frac{\text{Superfície}}{\text{Energia Generada}} \quad \text{Ratio 2} = \frac{\text{Inversió}}{\text{Potència}} \quad \text{Ratio 3} = \frac{\text{Cost Manteniment}}{\text{Potència}}$$

	Energia de barcelona		Bloc tipus	
R1	10,59	10,57	4,94	4,94
R2	3502,62	3497,25	1456,56	1456,56
R3	49,18	48,47	50,31	50,31

*Taula 33. Ratios*

Queda clarament exemplificat amb aquests tres ratis, que per generar un kWh es necessita una superfície més gran a l'estudi d'Energia de Barcelona que al bloc tipus; que es necessita una Inversió econòmica més gran per kW de potència instal·lada que en l'estudi d'Energia de Barcelona que en el bloc tipus, mentre que el cost de manteniment per kW instal·lat és molt similar en ambdós casos.

## 9. Anàlisi de viabilitat econòmica a l'Eixample

Un cop calculats i analitzats els resultats per l'exemple del bloc de pisos tipus de l'Eixample i obtinguda la seva configuració òptima, el següent objectiu del treball tracta de saber com varia la configuració d'una instal·lació si es modifiquen les variables determinades en el bloc tipus, de manera que permeti la determinació de configuracions òptimes, en condicions diferents a les proposades en el bloc tipus, però sempre centrat en el barri de l'Eixample.

Per realitzar aquest càlcul les variables que s'han modificat són la superfície útil de captació solar, el nombre d'habitatges del bloc de pisos, calculant l'energia generada i el consum energètic en cada cas. També s'ha estudiat l'estalvi energètic i la viabilitat econòmica, tenint en compte bateries de capacitat diferent.

S'ha fet una simulació fotovoltaica amb el programa *PVSyst* per cadascuna de les situacions proposades, és a dir, per unes dimensions de coberta diferents. S'ha decidit fer simulacions a partir de 8 plaques instal·lades, ja que són les que hi caben en 20 m<sup>2</sup>, i és difícil de trobar cobertes més petites en l'entorn estudiat, i se simularà fins a 28 plaques, que són els 15 kW que ens marca la llei d'autoconsum i de tarifes PVPC actualment, a diferència del que s'ha mencionat en el punt 5.2, on s'ha explicat la normativa anterior que marcava fins a 10 kW.

Un cop generats els arxius CSV, aquests s'han hagut de modificar, ja que un cop oberts amb l'Excel, es perdia informació i no sempre el programa podia interpretar correctament els espais separats per comes. Podia passar que el número 16,789 l'interpretés com 16789. Per això s'han modificat les dades utilitzant la funció condicional de dividir entre 1000 tots els nombres més grans de 10. Tot i així, encara es genera un petit error entre el valor generat per la simulació i l'obtingut a partir de l'Excel. Aquest error s'ha solucionat multiplicant pel factor que igualava les generacions, aproximadament 1,05, depenent de cada cas.

A l'hora de fer les simulacions ha estat necessari posar un inversor extra a partir de 20 plaques, ja que el programa no sosté més de 16 plaques per *string* o inversor. En les simulacions de 8 i 10 plaques s'han utilitzat uns inversors de potència més petita, ja que no era necessari una potència superior, el model Piko IQ 4.2 i el model Piko IQ 5.0 de la marca Kostal, respectivament.

Per variar el consum energètic del bloc de pisos, s'ha generat una taula que relacionava el nombre d'habitatges amb el consum unitari per habitatge i multiplicat pel factor de simultaneïtat corresponent, sempre tenint en compte que l'opció escollida de consum és diferent a l'escollida en el bloc tipus, opció 2. El motiu de l'elecció, és que per al bloc tipus s'han realitzat tot un seguit de suposicions específiques per les característiques del bloc, en aquest cas, com el bloc contempla més escenari, s'opta per l'opció 2 que és la que dona un

VAN menor, per tal de partir del cas més desfavorable. Per definir el nombre d'habitatges s'ha observat la dinàmica dels blocs de pisos de l'Eixample de Barcelona i s'ha decidit fer simulacions entre 5 i 20 habitatges.

Per definir la bateria s'ha buscat en el mercat i s'ha consultat les diferents tipologies, i per no entrar en qüestions de quines bateries tenen una millor qualitat/preu, que no és objecte d'aquest estudi, s'han escollit totes del mateix fabricant, el mateix que es va utilitzar per dimensionar econòmicament la instal·lació en el cas del bloc tipus, les de la marca Atersa. Les bateries d'aquesta marca funcionen amb la tecnologia àcid-plom, tenen una vida útil de 2800 cicles i tenen una profunditat de descàrrega del 60%, com tots els tipus de bateries d'aquest model d'aquesta marca.

A l'hora de valorar el preu de les bateries s'ha agafat el P.V.P dels articles i s'ha afegit un descompte que oscil·la entre el 5% i el 10% en funció del seu preu. Tot i què, aquests preus no són reals ja que no estan sotmesos a una oferta en ferm per part del proveïdor, des de la meua experiència laboral, se sap que aquesta és una pràctica comú dins dels fabricants.. Finalment s'han introduït dades de bateries de 660 Ah, 765 Ah, 985 Ah, 1350 Ah, 1650 Ah, 1990 Ah i 2500 Ah, amb els seus preus corresponents.

En aquesta simulacions, també es contempla l'opció de que la bateria es pugui carregar i descarregar un cop o dos cops al llarg del dia. La primera casuística té la capacitat de generar menys estalvis, però requereix d'una inversió menor ja que té una vida útil més llarga, mentre que la segona opció genera la situació inversa, més estalvis però una vida útil més curta. En aquest estudi un cop s'ha exhaurit la vida útil de la bateria, s'ha decidit substituir-la per una de igual, per tant en la part econòmica s'ha hagut de contemplar aquesta nova compra.

Un cop explicat que s'ha estudiat la possibilitat de que les bateries tingui l'opció de completar un o dos cicles de vida en un dia, la forma de calcular els estalvis ha estat la mateixa, un cop els excedents superen la capacitat màxima programada, la resta d'excedents són venuts segons el contracte amb la distribuïdora, i l'estalvi produït per la bateria es calcula al preu màxim de la tarifa, que és quan es consumeix aquesta energia emmagatzemada. Un altre supòsit que facilita aquest càlcul és el fet que la factura més econòmica calculada és la 2.0 D, és a dir, que es pot vendre l'energia en qualsevol moment del dia i que els estalvis generats seran els mateixos. En cas de tenir una altra tarifa contractada això no es podria fer.

La capacitat s'ha calculat de la mateixa forma que en l'Equació 13. Conversió de Wats a Ampers i l'Equació 14. Capacitat bateria modificant l'eficiència de les bateries que és del 60%. El càlcul de la vida útil mitjançant Excel s'ha realitzat amb un comptador del nombre de vegades que s'arribava a carregar la bateria 1 i 2 cops, i després s'ha realitzat un sumatori. El número de cicles de vida definits per la bateria s'ha dividit entre aquest sumatori, obtenint la vida útil de la bateria en qüestió.

El dimensionament econòmic només ha considerat en les configuracions on l'augment del cost que deriva estrictament dels panells fotovoltaics, inversors i bateria, deixant la resta de les partides iguals.

La bateria en sí també ha estat sotmesa a una valoració econòmica, la forma de valorar si la seva configuració és bona o no, ha estat mitjançant el període de retorn. Si durant la seva vida útil la bateria és capaç de generar els estalvis que ha costat la seva inversió, es considera positiu. No s'ha considerat calcular el VAN únicament de la bateria ja que és impossible que en el cicle de vida útil d'una bateria es generin tants beneficis econòmics com per considerar-ho (Figura 9-1).

Any	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Costos</b>														
Inversió	-1150,00	-1150,00	-906,53	-663,07	-419,60	-176,14	67,33	310,80	554,26	797,73	1041,20	1284,66	1528,13	1771,59
Manteniment		-20,00	-20,00	-20,00	-20,00	-20,00	-20,00	-20,00	-20,00	-20,00	-20,00	-20,00	-20,00	-20,00
<b>Guany</b>														
Estalvi directe bateria		263,47	263,47	263,47	263,47	263,47	263,47	263,47	263,47	263,47	263,47	263,47	263,47	263,47
<b>TOTAL</b>	-1150,00	-906,53	-663,07	-419,60	-176,14	67,33	310,80	554,26	797,73	1041,20	1284,66	1528,13	1771,59	2015,06

*Figura 9-1. Rendiment econòmic de la bateria (genèric)*

Un cop explicades totes les variables que s'han tingut en compte en aquest estudi, el procediment per obtenir els resultats econòmics de les simulacions ha estat el següent. Primer de tot generar la simulació fotovoltaica, fent les modificacions a l'arxiu de sortida. Després en un altre document s'han anat variant les configuracions i anotant el TIR de la inversió, si era més rendible econòmicament afegir la bateria o no, els cicles de la bateria, la seva vida útil i els estalvis directes i indirectes generats.

Nº vivendes	Consum factor simu.	Consum total [kWh]	Gastos de manteniment [€]	326
1	4	4	Numero de cicles	2800
5	4,6	18,4	Bateria	Si
7	6,2	24,8	Preu bateria [€]	1150
9,46	8,2	32,8	Capacitat bateria [kAh]	0,66
12	9,9	39,6	Profunditat de la bateria (%)	60
15	11,9	47,6	Número d'inversors	2
20	14,8	59,2	Número de plaques	24

*Taula 34. Per definir el nº de habitatges per bloc*

*Taula 35. Variables a definir en la configuració de la instal·lació*

En la Taula 34 i la Taula 35, es poden veure les diferents variables que s'han programat per tal de modificar les configuracions de la instal·lació.

			660 Ah					
Nº plaques	Pisos	Cic	TIR	Bateria	Estalvi dir. [€]	Estalvi bat. [€]	Cicles/ any	Vida bat [anys]
24	20	2	4,62%	NO	2394,73	248,51	236,00	11,86
24	20	1	4,54%	NO	2394,73	210,68	154,00	18,18
24	15	2	3,70%	NO	2194,48	389,81	365,00	7,67
24	15	1	3,60%	NO	2194,48	324,43	227,00	12,33
24	12	2	2,69%	SI	1990,48	515,12	459,00	6,10
24	12	1	2,54%	NO	1990,48	428,58	260,00	10,77
24	9,46	2	1,43%	NO	1775,49	631,91	530,00	5,28
24	9,46	1	1,38%	NO	1775,49	534,51	287,00	9,76
24	7	2	-0,38%	NO	1465,33	795,49	597,00	4,69
24	7	1	-0,43%	NO	1465,33	684,97	320,00	8,75
24	5	2	-2,29%	SI	1170,44	946,48	651,00	4,30
24	5	1	-2,37%	NO	1170,44	825,18	347,00	8,07

*Taula 36. Simulació 24 per el cas d'una bateria de 660 Ah*

Per finalitzar l'explicació del que s'ha realitzat en aquesta part, es mostra una part de l'Excel amb els resultats, en la Taula 36 s'observen els resultats de les simulacions del cas de 24 plaques en l'habitatge.

Els resultats de les simulacions que es mostraran a continuació, només pertanyen a la orientació de 45º, això és degut a que existeix una escassa variació entre les dues orientacions, per tant es pot concloure que el valors canviaran tan poc que perd l'interès de ser estudiat. En la Taula 37 es pot observar el comportament descrit on la variació és inferior a l'1%.

Nº Plaques	Superfície [m2]	Orientació	Inversor	Generació [kWh]	Superfície [m2]	Orientació	Inversor	Generació [kWh]
8	21,22	45º	Piko 4.2	6284	21,22	-45º	Piko 4.2	6312
10	26,53	45º	Piko 5.5	7846	26,53	-45º	Piko 5.5	7882
12	32,4	45º	Piko 7.0	9421	32,4	-45º	Piko 7.0	9464
14	37,14	45º	Piko 7.0	11020	37,14	-45º	Piko 7.0	11069
16	42,45	45º	Piko 7.0	12561	42,45	-45º	Piko 7.0	12615
20	53,06	45º	Piko 7.0 (X2)	15630	53,06	-45º	Piko 7.0 (X2)	15700
24	63,67	45º	Piko 7.0 (X2)	18736	63,67	-45º	Piko 7.0 (X2)	18821
28	72,29	45º	Piko 7.0 (X2)	21800	28	-45º	Piko 7.0 (X2)	21900

Taula 37. Resultats de la simulació de la generació d'energia

A continuació es poden veure els resultats gràfics de quina és la millor configuració (millor TIR) per les diferents situacions plantejades. Si s'observa detalladament les figures, l'eix de les abscisses, hi ha representat dos valors per cada habitatge, això és perquè han estat representats els resultats del TIR de les dues configuracions programades per les bateries (1 i 2 cicles de vida).

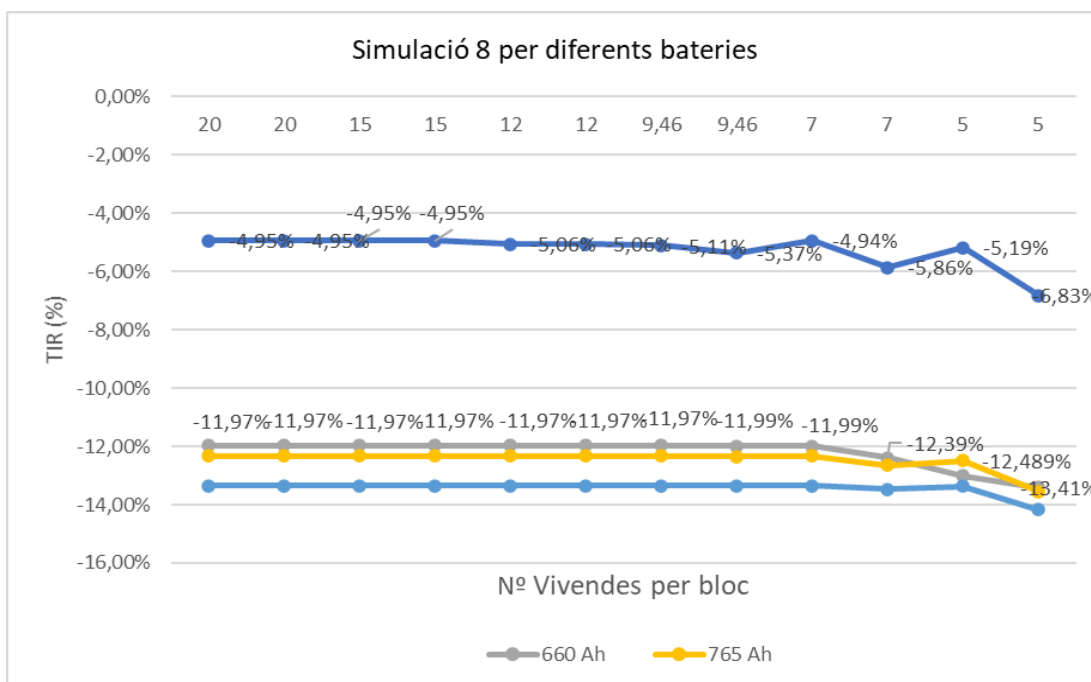


Figura 9-2. Simulació 8

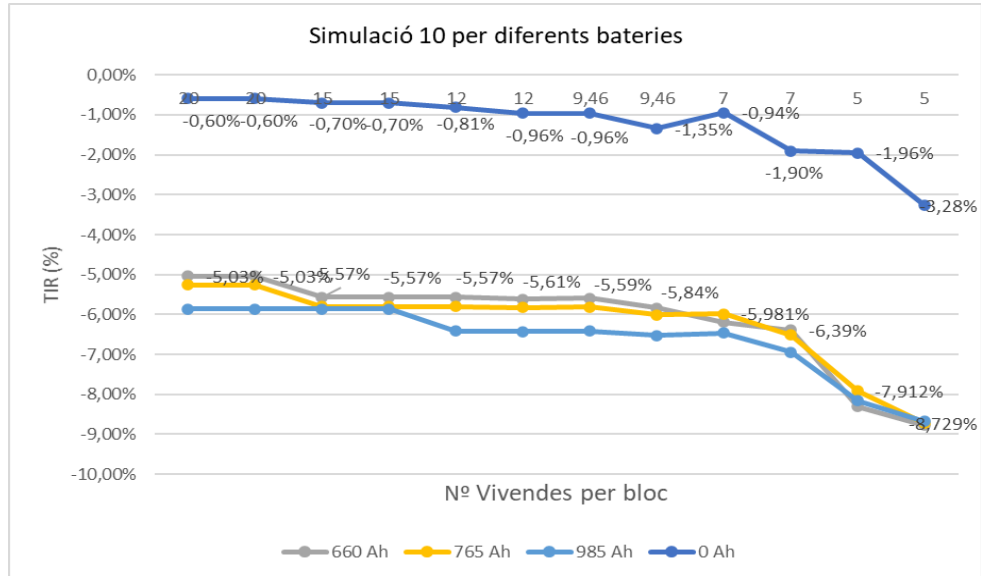


Figura 9-3. Simulació 10

En la Figura 9-2 i en la Figura 9-3, es poden veure que no hi ha cap opció viable econòmicament, per tant en aquestes situacions no s'instal·larien plaques. Només s'han realitzat simulacions amb les bateries de 660 Ah, 765 Ah i 985 Ah ja que els resultats no presenten cap millora significativa i s'observa que mai s'arribarà a cap configuració que la faci viable econòmicament.

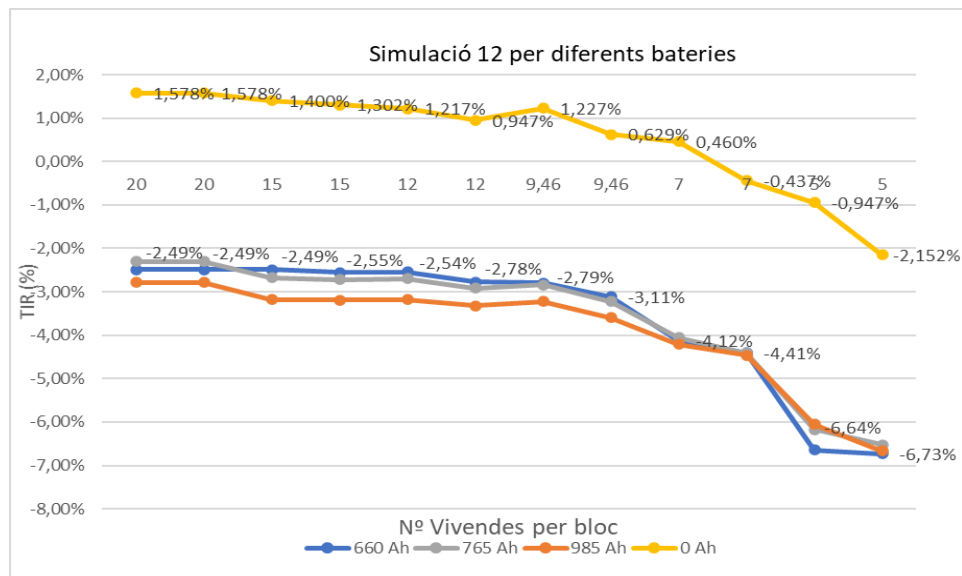


Figura 9-4. Simulació 12

En la simulació per a 12 plaques s'observa que cap configuració amb bateria és rentable econòmicament, en el cas de 9,46 habitatges al bloc i una bateria amb una capacitat de 660 Ah ja coneixíem el resultat per tractar-se del bloc tipus. Tot i així hi ha opcions viables econòmicament per realitzar la instal·lació sense bateries

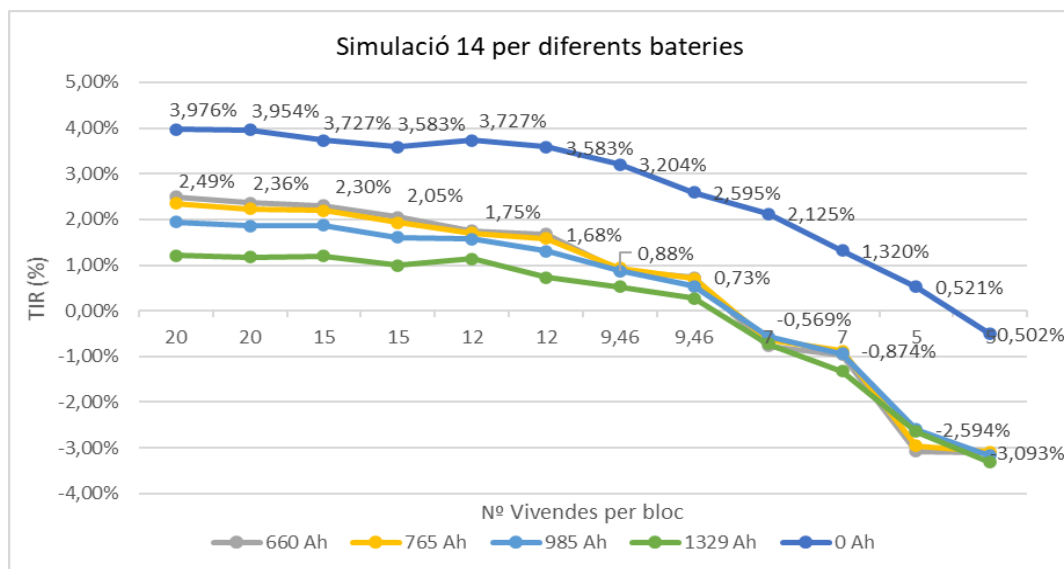


Figura 9-5. Simulació 14

En aquest cas, Figura 9-5, es comencen a veure les primeres configuracions on instal·lar una bateria seria rentable econòmicament, tot i què es demostra que posar bateries mai és l'opció òptima a nivell econòmic. Per a blocs que tenen pocs habitatges els rendiments econòmics per als diferents tipus de bateries són molt similars, mentre que a mesura que el nombre d'habitatges creix, la diferència en els rendiments econòmics també s'incrementa.



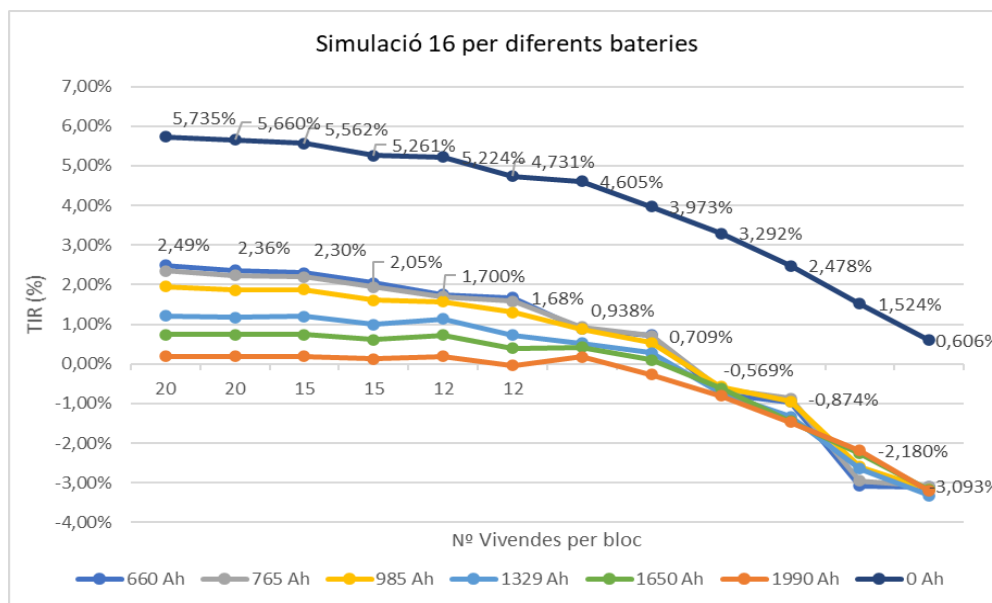


Figura 9-6. Simulació 16

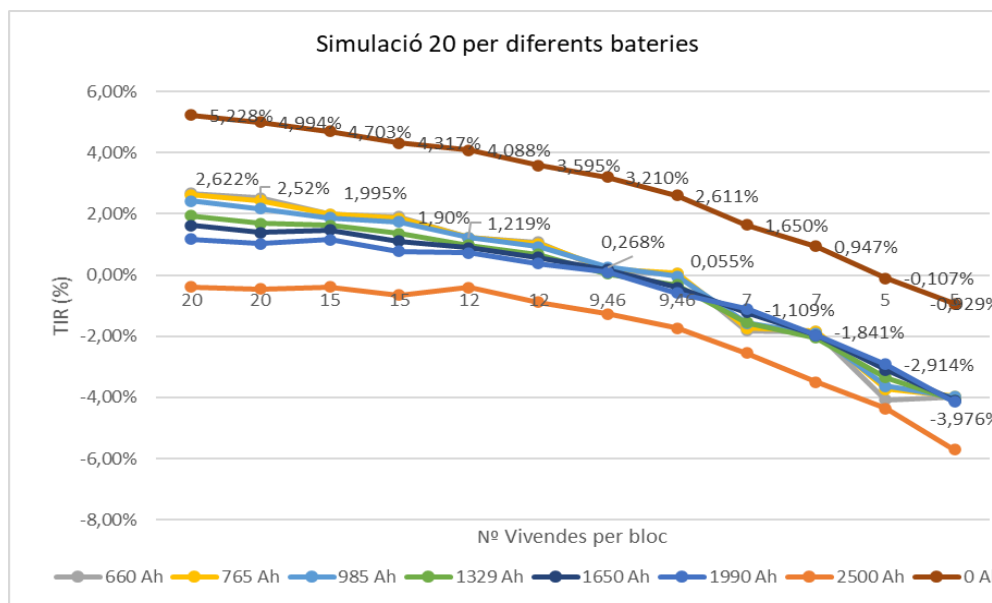


Figura 9-7. Simulació 20

Per a 16 i 20 plaques, Figura 9-6 i Figura 9-7, la major part de les configuracions ja són econòmicament viables incorporant la bateria, tot i què el fet de no posar bateria segueix obtenint un rendiment econòmic més alt.

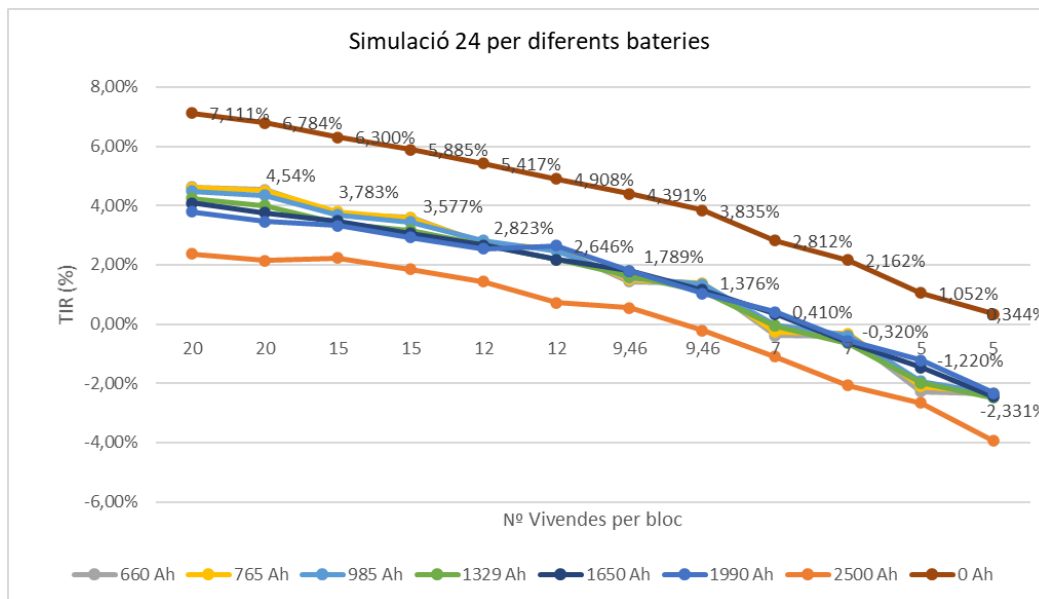


Figura 9-8. Simulació 24

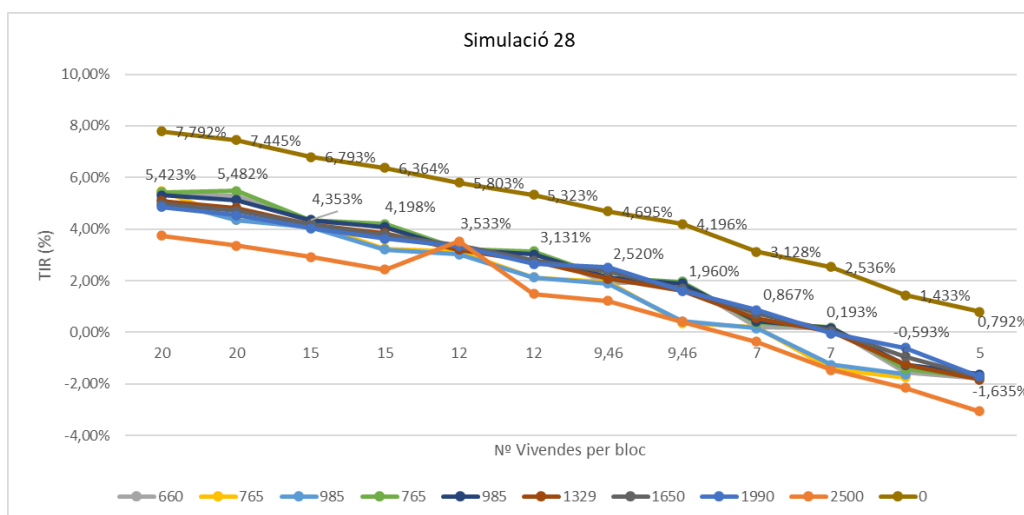


Figura 9-9. Simulació 28

A partir de posar 24 i 28 plaques, Figura 9-8 i Figura 9-9, els rendiments econòmics segueixen creixent en la majoria de les configuracions respecte a tenir un nombre menor de plaques, i pel que fa als rendiment econòmics no varien tan al llarg de les diferents configuracions per a diferent bateries. Es pot concloure que per aquest dos casos la bateria de 2500 Ah és la pitjor.

Per finalitzar aquest apartat, es pot dir que en cadascuna de les simulacions, el fet de no posar bateries fa que el rendiment econòmic de la instal·lació millori. Els rendiments econòmics són més grans per aquells blocs que tenen més habitatges per bloc. Les bateries

petites, generalment, generen un millor rendiment en les configuracions de molts habitatges, ja que es creen pocs excedents i al contrari, en els blocs de pisos amb menys habitatges, les bateries grans van millor. Per últim, en la majoria dels casos, les bateries si realitzen 2 cicles de vida al dia, generen un millor rendiment econòmic.

En aquells casos en els que no s'han simulat algunes bateries, ha estat perquè els resultats més favorables analitzats amb bateries, no donaven resultats satisfactoris, també s'observava que no hi havia cap millora de rendiment econòmic a mesura que el nombre d'habitatges augmentava en el bloc, per tant perdia l'interès en ser avaluat.

Per acabar es mostra la Figura 9-10, on es pot veure clarament quina és la millor configuració en cada cas, s'ha de tenir en compte que la millor opció serà sense bateria, per tant en els casos que sigui viable posar una bateria se seleccionarà quina és la bateria que dona un millor rendiment econòmic. El color vermell indica que no hi ha cap configuració viable econòmicament i el groc que només és viable la configuració sense bateria. Les bateries que donen un millor rendiment són les de 660 Ah, 765 Ah i 985 Ah.

Cap Conf.		Nº hab	Nº de plaques							
Sense bat.			8	10	12	14	16	20	24	28
660 Ah		5								
765 Ah		7								
985 Ah		9,46								
1329 Ah		12								
1650 Ah		15								
1990 Ah		20								
2500 Ah										

Figura 9-10. Mapa de color de la viabilitat de realitzar la instal·lació

## 9.1. Aplicatiu per a fer simulacions

Finalment s'ha desenvolupat un aplicatiu d'Excel que permet realitzar simulacions per comprovar si és econòmicament viable. Les diferents opcions programables s'han anat explicant al llarg dels diferents punts de l'estudi, tot i què s'han introduït millores en l'organització de les pestanyes i s'ha millorat la visualització de les dades que es poden configurar per a una millor interacció UX.

L'aplicatiu permet estudiar i configurar una gran varietat de situacions. La pestanya "Consum" permet configurar els consums horaris i les diferents estacionalitats de l'any. La pestanya de "Preus" permet configurar els preus de l'electricitat, és a dir, permet modificar la tarifa elèctrica configurada. La tercera pestanya és "Elements" i permet configurar les

característiques i els preus dels elements de la instal·lació.

Aquestes tres primeres pestanyes ja venen configurades per defecte amb els paràmetres explicats anteriorment, com el del consum i capacitats de les bateries, tot i què, si es desitja es pot modificar la configuració predeterminada.

L'última pestanya que permet introduir canvis en la configuració de la simulació, és la pestanya de "Dades", on es pot escollir la configuració desitjada. Es pot modificar la tarifa i l'opció de consum, com ja s'ha mencionat, i després, les diferents característiques de la bateria (capacitat, preu, nombre de cicles), les despeses de manteniment, nombre de plaques i d'inversors. En la Figura 9-11, es pot veure la distribució de la pestanya "Dades".

<b>DADES INSTAL·LACIÓ</b>						
Cliente:	<b>ETSEIB</b>	Pot (kW):	<b>18,40</b>			
Actividad:	<b>Construcción, Instalaciones, Mnto</b>	En (kWh):	<b>18.671</b>			
Módulo:	<b>Policristalino</b>	Paneles:	<b>28</b>			
Pot. Mód:	<b>0,54 Wp</b>	Pot. Tot.:	<b>15 Wp</b>			
Venta excedente:	<b>SI</b>					
Inversión:	<b>16.457,88 €</b>					
Instalación paneles:	<b>Coplanar en cubierta</b>					
<b>Configuració de consums i preus</b>						
Opcions de consum energètic	<b>OPCIÓ 1</b>	Tarifa escollida	<b>2.0 A</b>			
<b>Configuració bateria i plaques solars</b>						
Despeses de manteniment (€)	346	Número d'inversors	1			
Numero de cicles	2800	Potència inversors (kW)	7			
Bateria	Si	Preu inversors (€)	1750			
Preu bateria (€)	1150	Potència placa (kW)	0,54			
Capacitat bateria (kAh)	0,66	Preu placa (€)	215			
Profunditat de la bateria (%)	60	Número de plaques	28			
<b>Resultats</b>						
	<b>TIR</b>	<b>PR BAT</b>	<b>Est.Dir (€)</b>	<b>Est.Ind (€)</b>	<b>Cicles/any</b>	<b>Vida (anys)</b>
	-0,55%	SI	1285,52	891,43	649,00	4,31
	-0,62%	NO	1285,52	769,05	345	8,12

Figura 9-11. Pestanya "Dades" de l'aplicatiu

En l'aplicatiu hi ha quatre pestanyes més, una és la que realitza tots els càlculs relacionats amb el tractament de l'energia (càlcul d'excedents, estalvis generats, vida útil de la bateria...). Una altra pestanya recull els càlculs del cost de la instal·lació i, per últim, les altres dues pestanyes realitzen els càlculs del rendiment econòmic per cadascuna de les dues opcions de la bateria, és a dir, l'opció de fer un o dos cicles de vida al dia. Aquestes pestanyes resten bloquejades per evitar que es desconfigurin.

En l'annex VI es troben els diferents menús de configuració de l'aplicatiu.

## 10. Introducció al concepte de micro-xarxa energètica

L'estudi de la viabilitat econòmica de posar plaques fotovoltaïques a l'Eixample de Barcelona a través d'un estudi d'un model de bloc de pisos tipus és un primer pas per al canvi de model energètic del futur. Per això, l'objectiu global del projecte, no és només estudiar la viabilitat econòmica d'instal·lar plaques solars, sinó poder aportar noves idees que puguin requerir d'una implicació directa i indirecta de totes les parts que formen la societat d'avui en dia, ciutadans, institucions i empreses locals, per això es necessari no quedar-se estancat en la idea bàsica del que pot comportar posar plaques solars en un habitatge, bloc de pisos, etc, sinó intentar implementar el concepte de de plaques solars lligat al concepte de micro-xarxa energètica.

El que ha de quedar clar és que en el marc on s'està desenvolupant aquest projecte, el model energètic actual genera monopolis energètics, impeding d'aquesta forma que la transició energètica es produeixi amb la celeritat adequada i, des del nostre punt de vista, no és acceptable. El model actual segueix agreujant els problemes ambientals que afecten a totes les persones per igual, provocant forts canvis climàtics, exhauriment insostenible dels recursos naturals entre d'altres problemes,

### 10.1. Model energètic actual

Tradicionalment els models energètics implementats ha estat sustentat per grans plantes de generació d'energia de tot tipus per tal de cobrir la demanda, ja fossin plantes nuclears, de carbó... Aquesta energia que es produeix i es distribueix a través del territori mitjançant línies d'alta tensió reduint-se en les estacions transformadores fins a arribar als consumidors, a mitja i baixa tensió. Un altre fet diferencial d'aquest model és que el transport de l'energia es produeix de forma totalment unidireccional, és a dir, dels generadors a la xarxa i de la xarxa als consumidors (Figura 10-1).

El sistema energètic actual està constituït per uns pocs elements, els generadors i els operadors que són els encarregats de controlar el sistema mentre que els consumidors, que són el tercer element d'aquest sistema, tenen un paper merament passiu que és el fet de consumir energia.

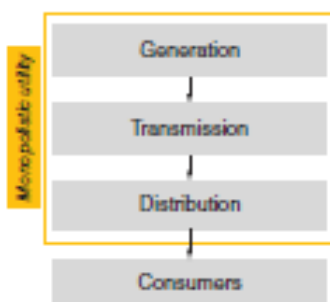


Figura 10-1. Ordre de transmissió de l'energia.

Aquest model energètic tan unidireccional i on existeix una estratificació tan marcada, va afavorir la creació de monopolis energètics, amb la funció de generar, transmetre i distribuir l'electricitat produïda, evitant la creació de competència. Per tal d'evitar preus extrems amb un pobre servei va fer que el govern intervingués per tal d'actuar com a regulador del preu de l'electricitat. Tot i així, s'han produït pressions per part de les empreses per influir en els preus de l'electricitat, com ha passat darrerament a Espanya.

## 10.2. Introducció al concepte de comunitat energètica

El concepte de comunitat energètica o de micro-xarxa es defineix com aquella xarxa que es pot connectar i desconectar de la xarxa general i té la possibilitat de treballar utilitzant els dos modes. Aquest concepte es una figura nova dins del sector energètic i que possibilita un gran ventall d'opcions i és un dels vehicles que pot facilitar la transició energètica. La seva importància resideix en facilitar la participació activa de la societat i possibilitar la intervenció de forma directa.

Actualment hi ha una necessitat de definir tots els conceptes que formen part de la comunitat energètica i el marc normatiu que les empara, perquè sense entendre els mecanismes d'acció és impossible proposar quelcom. Partint de la base que existeix un model energètic implementat, i canviar la infraestructura és inviable a nivell econòmic s'han de pensar alternatives per integrar els sistemes de control de la comunitat energètica al model actual

### 10.2.1. Marc normatiu europeu. Definicions

El concepte de comunitat energètica és un concepte que en la legislació espanyola no existeix i de fet no va aparèixer a la legislació europea fins el 2016 (Directiva Europea COM(2016)864 que va introduir la següent definició:

Comunitat energètica local o comunitat ciutadana d'energies: associació, cooperativa, societat, organitzacions sense ànim de lucre o altres entitats jurídiques

que estiguin controlades per accionistes o membres locals, generalment orientades al valor social més que a la rendibilitat, dedicada a la generació, la distribució i a la realització d'activitats d'un gestor de xarxes de distribució, subministrament o agregador a nivell local.

Aquesta definició posa èmfasi en la creació de valor en termes socials i mediambientals, més enllà del benefici econòmic de la activitat que tingui la comunitat, i en especial, busca permetre una major participació dels consumidors residencials en la presa de decisions del mercat energètic. De la mateixa forma, cal destacar que aquesta definició permet atribuir a la comunitat energètica el rol de gestor d'una xarxa de distribució, el subministrament o agregació d'energia.

En un article posterior és va definir la comunitat d'energies renovables com:

Entitat jurídica: a/ que, amb el dret nacional aplicable, es basa en la participació oberta i voluntària, sigui autònoma i que estigui efectivament controlada per socis o membres que estiguin situats en las proximitats dels projectes d'energies renovables que siguin propietat d'aquesta entitat jurídica i que s'hagi desenvolupat. b/ els socis o membres siguin persones físiques, pimes o autoritats locals, municipis inclosos. c/ la seva finalitat primordial sigui proporcionar beneficis mediambientals, econòmics o socials als seus socis o membres o a les zones locals on opera, en lloc de guanys financers.

Altres institucions com el Comitè Europeu de les Regions també s'ha pronunciat al respecte com també s'ha redactat la directiva de la Unió Europea (UE) 2018/2001 per tal de crear un marc legal a nivell europeu que faciliti la creació de les comunitats energètiques (IDAE, 2019).

### **10.2.2. Marc normatiu estatal i municipal**

Tot i no existir un marc legal específic per a les comunitats energètiques, el Real Decreto 15/2018 va posar fi a l'anterior que hi havia que més enllà 'obstaculitzar la transició energètica i la penetració de les energies renovables, era clarament restrictiu en la possibilitat d'establir comunitats energètiques.

De fet aquest Real Decreto-Ley és un punt de partida esperançador a fi de començar a dotar el sector energètic espanyol d'un cos regulador que formuli i habiliti la transició cap un model més equitatiu. Un aspecte que pot condicionar la creació de comunitats energètiques és la obligatorietat de construir edificis de consum energètic quasi nul (nZEB).

El fet de no tenir cap marc legal estatal molt específic, fa que òbviament no hagi cap normativa municipal que apliqui per aquestes comunitats, tot i així, molts municipis han

apostat per donar certes ajudes a projectes que aposten per la transició energètica en termes de reducció d'impostos locals a les diferents instal·lacions de generació elèctrica. Un estudi molt interessant que reflecteix aquesta política local és que un 60% dels municipis de més de 100.000 habitants ofereixen bonificacions en el IBI, entre d'altres mesures. (IDAE, 2019)

### 10.2.3. Funcionament d'una comunitat energètica

Existeixen diferents configuracions i formes de funcionar de les comunitat energètiques, però es pot definir breument com a una xarxa que es pot connectar i desconectar de la xarxa que permet funcionar tant connectat a la xarxa com de forma aïllada (*island-mode*), però totes les diferents configuracions poden tenir els següents components (Figura 10-2):

- Generadors d'energia controlables: Són aquells generador són l'energia produïda és controlada per l'operador modificant la potència injectada. Ex. Microturbines,
- Generadors d'energia no controlables: Són aquelles unitats que l'energia generada no pot ser controlada per causa de la intermitència i de la variabilitat. Ex: Energia renovable.
- Consumidors d'energia controlables: es refereix a les unitats en l'energia consumida és controlada per l'operador en tot moment.
- Bateries: són les encarregades d'absorbir energia quan la producció supera la demanada i les encarregades de cedir l'energia absorbida en el cas invers.



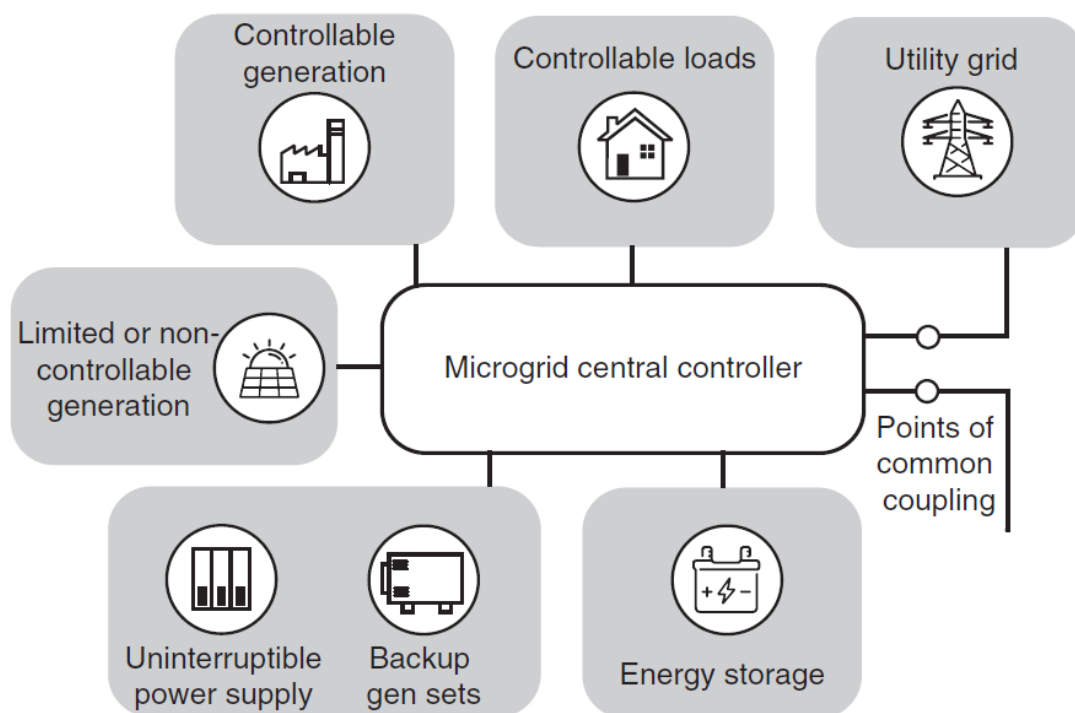


Figura 10-2. Esquema dels elements que formen part d'una Micro-xarxa

El desenvolupament dels mercats locals es basa en la evidència que nous models de mercat han d'evolucionar per tal de millorar la integració dels generadors d'energia renovables i tractar amb la intermitència dels seus recursos.

#### 10.2.4. Aplicació de la comunitat energètiques

La implementació de tots elements comentats fa que l'aplicació d'aquest tipus d'instal·lacions i comunitats sigui molt variada, tot i així es poden distingir clarament dos tipus de mecanismes que fan possible la creació de les comunitats energètiques: les *Top down* i les *Bottom up*. La principal diferència entre aquestes dos mecanismes és qui es el promotor de l'acció, el primer dels mecanismes és quan la iniciativa ve donada per una gran corporació sigui ja de caràcter privat com podria ser una empresa o de caràcter públic com podria ser un ajuntament, en aquest cas la corporació encarregada de voler implementar la comunitat és la interessada i ha de convèncer als participants de voler col·laborar, s'encarrega de vetllar per a què el projecte surti endavant. El segon mecanisme, el *Bottom up*, es produeix quan el promotor és la pròpia comunitat/entitat que ho vol portar a terme, ja sigui una cooperativa, un conjunt de cases o blocs.

Aquí a Catalunya es va promoure el projecte de *Vilawatt*, un projecte de comunitat energètica a Viladecans. Aquest projecte es va concebre de la forma *Top down*, des de l'administració local gràcies a una subvenció europea. Aquest projecte es va formar amb

l'objectiu de la creació d'una nova estructura conjunta formada per la ciutadania, empreses i ajuntament amb el propòsit de crear un operador energètic integral per a una gestió energètica més eficient.

El projecte consistia en que un nou operador energètic local promogués la capitalització d'estalvis per a finançar la rehabilitació energètica integral de 3 edificis de seixanta habitatges cadascun, i d'aquesta forma enfortir l'economia local amb la creació d'una moneda local. La fase inicial del projecte es tractava d'analitzar els habitatges on es realitzaria la renovació energètica 100% subvencionada i aconseguir que els propietaris se sumessin al projecte.

En el transcurs del projecte i d'analitzar altres projectes internacionals, es va poder obtenir informació rellevant a l'hora de saber la dinàmica de les comunitats *Top down* i es va permetre identificar les barreres que el poden dificultar i quins poden ser els factors d'èxit de les comunitats.

Les principal barreres identificades van ser:

- Falta de marc normatiu i/o insuficient grau de desenvolupament d'aquest
- Complexitat en els procediments administratius
- Dificultat a l'accés de finançament per la falta de confiança dels inversos
- Poc interès, motivació i manca de temps de dedicació voluntària per part de la ciutadania

En el projecte *Vilawatt* es van poder identificar clarament les barreres derivades de les característiques socio-econòmiques i socio-culturals que hi ha a Viladecans i es van trobar molts problemes de desconfiança respecte als contractes a firmar. El desconeixement sobre la eficiència energètica i la renovació elèctrica, en general, van dificultar de percebre les millores proposades. Finalment també es va observar com els conflictes històrics entre comunitats i veïns van dificultar el procés.

Els factors d'èxit que es van concloure van ser:

- Els projectes desenvolupats *Bottom-up*, on els participants estan més compromesos amb la preservació del mediambiental i del teixit social local.
- La existència d'una lideratge polític i/o tècnic amb la iniciativa necessària per dur a terme projectes innovadors.
- Una política de foment de les comunitats energètiques locals amb el suport de les

institucions públiques per tal de dur a terme la conscienciació necessària a la ciutadania, i també aportant un marc legal per a facilitar la burocràcia. Per últim, a través de subvencions per tal de l'Administració estatal per facilitar la viabilitats dels projectes (IDAE, 2019).

### **10.2.5. Agents del mercat local**

El desenvolupament dels mercats local està basat en l'evidència que nous models de mercat han de ser descrits i detallats per tal de facilitar la integració de les xarxes i tractar la intermitència de les fonts d'energia renovables. La majoria dels agents que participen ja existeixen actualment com podria ser l'operador del sistema de distribució, les empreses de generació d'energia o el mateix consumidor.

Mentre que la majoria dels agents del mercat ja són coneguts, el nou concepte que s'introdueix són els agregadors d'energia. Aquest és l'intermediari entre petites entitats com podrien ser els consumidors i el mercat elèctric. Generalment, aquest agent està vist com l'operador del mercat local, per tant la seva funció es considerada clau en aquest nou model energètic.

Altres conceptes que necessiten ser explicats i on els agents del mercat intervenen són el micro-mercat energètic i el mercat local energètic. El primer tracta d'un sistema de gestió d'energia basat en les regles del mercat utilitzades per a gestionar l'energia renovable ubicada dins d'una micro-xarxa, que proporciona principalment serveis energètics. Aquests serveis proporcionen una maximització del temps d'us de l'energia renovable que s'ubiquen dintre de les micro-xarxes..

El segon concepte tracta del lloc d'intercanvi de les micro-xarxes, opera en la xarxa pública proporcionant dos serveis diferents: energia i flexibilitat. Aquests serveis s'agreguen en una cartera que li proporciona un agent de xarxes intel·ligents (Summper, 2019).

## 11. Aplicació del concepte de micro-xarxa a un bloc de l'Eixample

Una de les aplicacions que pot aportar la viabilitat de posar plaques solar a l'Eixample de Barcelona és tenir la possibilitat de crear una xarxa de micro-xarxes elèctriques locals amb la finalitat de seguir aportant solucions al problema energètic existent i començar a apostar pel canvi de model energètic.

El que es farà serà aplicar els resultats obtinguts de les simulacions i l'anàlisi, tenint en compte, el concepte de micro-xarxa. S'escollirà una illa de forma aleatòria de l'Eixample amb l'única condició que totes les dades de cada bloc de l'illa estiguin disponibles i es farà una simulació fotovoltaica amb el PV Syst de cada un dels blocs que formen part de l'illa amb les característiques més òptimes, basats en els resultats obtinguts en l'apartat 8 i 9.

### 11.1. Subjecte d'estudi de la micro-xarxa

La illa que s'estudiarà és la que es pot veure en la *Figura 11-1*. Illa de l'Eixample Com es pot veure està situada entre els carrers Consell de Cent, Bruc, Diputació i Roger de Flor. L'àrea total de l'illa és de 932,00 m<sup>2</sup>



*Figura 11-1. Illa de l'Eixample*

## 11.2. Simulació energètica d'una illa de l'Eixample

Com es pot veure en la *Figura 11-1. Illa de l'Eixample*, no tots els blocs de l'illa estan etiquetats amb un nivell de radiació solar incident com a "Molt bona", per tant s'ha de definir un criteri per tal de poder calcular de forma aproximada l'energia generada. Com es pot veure en l'apartat 6.2, on s'expliquen les variables donades per l'Ajuntament de Barcelona (Ajuntament de Barcelona, s.f.), l'etiqueta qualitativa de radiació incident no deixa de representar un rang de percentatges on aquella superfície està assolida. El mecanisme que s'utilitzarà per calcular l'energia generada serà calcular l'energia màxima que es pot generar, tenint en compte el grau d'inclinació corresponent i l'orientació al sol del bloc, i es multiplicarà per la mitjana del rang segons la categoria a la que pertany. En cas que un mateix bloc tingui caracteritzat diferents zones de radiació incident en la coberta, el percentatge que s'utilitzarà serà la mitjana ponderada entre la superfície i la mitjana del rang, segons l'Equació 18

$$\frac{\sum(\text{Sup } i \times \text{Radiació incident } i (\%))}{\sum \text{Sup } i}$$

*Equació 18. Radiació incident en percentatge*

També es vol calcular l'energia consumida aproximadament, per a realitzar-ho s'ha anat a l'illa en qüestió i s'han comptat els pisos de cada bloc de l'illa i després s'ha multiplicat pel consum específic calculat i explicat en l'apartat 6.2, sempre tenint en compte el coeficient de simultaneïtat. Finalment, es realitza la simulació i també s'anota l'energia generada i l'excedent que es produeix anualment en cada bloc de forma independent i valorant la possibilitat de si es pot posar una instal·lació fotovoltaica.

BLOC	Radiació inc.	Percent.	Sup. Útil [m2]	Nº d'hab	Nº Plaques	Cons. Ene. [kWh]	Gene. Ene. [kWh]
1	OFINCINES						
2	OFINCINES						
3	Molt Bona	97,5%	39,10	10	14	12410	10744,5
4	Bona	93,1%	47,60	10	16	12410	11694,291
5	Molt Bona	97,5%	56,95	19	22	20878	17730,375
6	OFINCINES						
7	Molt Bona	97,5%	31,45	5	10	6716	NO VIABLE
8	Molt Bona	97,5%	29,75	10	10	12410	NO VIABLE
9	Molt Bona	97,5%	34,85	10	12	12410	9979,125
10	Molt Bona	97,5%	35,7	14	12	16498	9979,125
11	Molt Bona	97,5%	19,55	16	6	18250	NO VIABLE
12	Molt Bona	97,5%	100	11	28	13432	21255
13	Molt Bona	97,5%	17	7	6	9052	NO VIABLE
14	Bona	87,5%	50,15	15	16	17374	10990,875
15	Molt Bona	97,5%	58,65	16	22	18250	17730,375
16	Molt Bona	97,5%	17,35	5	6	6716	NO VIABLE
17	Molt Bona	97,5%	72,25	13	28	15476	21255
18	Molt Bona	97,5%	100	11	28	13432	21255
19	Molt Bona	97,5%	32,95	9	12	11388	9227,4
20	Molt Bona	97,5%	71,4	14	26	16498	19890
21	Molt Bona	97,5%	39,1	15	14	4343,5	10792,275
22	DESCARTADA						
23	Bona	93,80%	44,2	24	16	147168	17654,098

*Taula 38. Consum i generació energètica de l'illa escollida*

No tots els blocs de l'illa s'han tingut en compte, les oficines s'han descartat inicialment ja que tenen un model de consum diferent als que s'han estudiat. També s'han descartat aquells blocs amb superfícies útils considerades incorrectes. Els blocs contemplats com a no viables, han estat degut a la falta de viabilitat econòmica.

Els resultats es mostren que en la Figura 11-2, on és interessant observar el percentatge que ocupen les plaques en funció de la superfície disponible i el percentatge d'energia consumida respecte al de generada, en aquest cas, superior al 50%.

Sense concepte micro-xarxa	
Sup. Total [m2]	898,00
Sup. Aprof. [m2]	686,28
Perc. Ocupació	76,42%
Ene. Cons. [kWh]	385111,50
Ene. Gen. [kWh]	210177,44
Gene. / Consum	54,58%

*Figura 11-2. Resum dels resultats de l'illa escollida.*

Els resultats obtinguts no deixen de ser interessants i mostrar i que aquesta idea té un potencial molt interessant. Per això, que aplicar el concepte de micro-xarxa en aquest context reforça la idea inicial del projecte de crear un model energètic diferent i més just que

el model que hi ha vigent. En aquest cas s'ha volgut aplicar el concepte mencionat a una illa de cases aleatòria i explicar les principals diferències i millores que provoca només aplicant els conceptes bàsics.

BLOC	Radiació inc.	Percent.	Sup. Útil [m2]	Nº d'hab	Nº Plaques	Cons. Ene. [kWh]	Gene. Ene. [kWh]	Nova config.	Gene. Ene. [kWh]
1	OFINCINES								
2	OFINCINES								
3	Molt Bona	97,5%	39,10	10	14	12410	10744,5	14	10744,50
4	Bona	93,1%	47,60	10	16	12410	11694,291	16	11694,29
5	Molt Bona	97,5%	56,95	19	22	20878	17730,375	22	17730,38
6	OFINCINES								
7	Molt Bona	97,5%	31,45	5	10	6716	NO VIABLE	20	15239,25
8	Molt Bona	97,5%	29,75	10	10	12410	NO VIABLE		
9	Molt Bona	97,5%	34,85	10	12	12410	9979,125	12	9979,13
10	Molt Bona	97,5%	35,7	14	12	16498	9979,125	20	15239,25
11	Molt Bona	97,5%	19,55	16	6	18250	NO VIABLE		
12	Molt Bona	97,5%	100	11	28	13432	21255	28	13432,00
13	Molt Bona	97,5%	17	7	6	9052	NO VIABLE	22	15957,34
14	Bona	87,5%	50,15	15	16	17374	10990,875		
15	Molt Bona	97,5%	58,65	16	22	18250	17730,375	28	21255,00
16	Molt Bona	97,5%	17,35	5	6	6716	NO VIABLE		
17	Molt Bona	97,5%	72,25	13	28	15476	21255	28	21255,00
18	Molt Bona	97,5%	100	11	28	13432	21255	28	21255,00
19	Molt Bona	97,5%	32,95	9	12	11388	9227,4	12	9227,40
20	Molt Bona	97,5%	71,4	14	26	16498	19890	26	19890,00
21	Molt Bona	97,5%	39,1	15	14	4343,5	10792,275	14	10792,28
22	DESCARTADA								
23	Bona	93,80%	44,2	24	16	147168	17654,098	16	17654,10

Taula 39. Consum i generació de l'illa escollida. Nova configuració.

Per aquelles opcions que no eren viables econòmicament, s'ha realitzat una configuració conjunta amb la superfície d'un dels blocs colindants. El consum energètic també s'ha calculat de forma diferent, aplicant el factor de simultaneïtat i considerant tot la illa com un únic bloc.

Aplicació concepte micro-xarxa	
Sup. Total [m2]	898,00
Sup. Aprof. [m2]	789,48
Perc. Ocupació (%)	87,92%
Ene. Cons. [kWh]	178558,00
Ene. Gen. [kWh]	223928,65
Gene. / Consum (%)	125,41%
Excedents [kWh]	45370,65

Figura 11-3. Resums dels resultats de l'illa Escollida. Nova configuració.

La diferència entre aplicar el concepte de micro-xarxa o no, és abismal, tot i que la superfície d'aprofitament només creix un 12%, la diferència entre l'energia consumida i la generada és molt elevada (de 55 al 125%).

Per finalitzar, el concepte de micro-xarxa energètica és molt interessant d'estudiar, com es pot comprovar en aquest petit exemple, ja que comporta grans millores energètiques en els blocs on existeix una mico.xarxa.



## 12. Impacte ambiental

En aquest apartat del projecte, s'ha calculat la capacitat que té la proposta de xarxa elèctrica presentada en aquesta memòria, de reduir les emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència de la generació d'energia elèctrica.

El mix elèctric és el valor que expressa les emissions de CO<sub>2</sub> associades a la generació d'electricitat que es consumeix. Segons l'Agència d'Energia de Barcelona és de 0,360 kg CO<sub>2</sub> eq/any.

En aquest estudi de viabilitat econòmica sobre la instal·lació de plaques fotovoltaïques a les cobertes de l'Eixample de Barcelona, no es produeix un impacte ambiental rellevant. No s'ha realitzat cap fase experimental en el medi, ni s'ha construït cap prototip. Per tant es calcularà l'estalvi produït per la generació d'energia en els diversos casos estudiats (Taula 40).

Descripció	Generació [kWh/any]	Estalvi de CO <sub>2</sub> [Kg CO <sub>2</sub> /any]
Bloc tipus	9421	3391,56
Bloc amb 8 plaques	6284	2262,24
Bloc amb 10 plaques	7846	2824,56
Bloc amb 12 plaques	9421	3391,56
Bloc amb 14 plaques	11020	3967,2
Bloc amb 16 plaques	12561	4521,96
Bloc amb 20 plaques	15630	5626,8
Bloc amb 24 plaques	18736	6744,96
Bloc amb 28 plaques	21800	7848
Illa de l'Eixample	223928,65	80614,314

*Taula 40. Estalvi de CO<sub>2</sub> generat per les plaques fotovoltaïques*

S'han calculat les emissions de CO<sub>2</sub> derivades del consum elèctric de l'ús de l'ordinador, tenint en compte les hores dedicades al projecte, s'ha estimat que s'ha utilitzat l'ordinador un total de 320 hores. Si el consum de l'ordinador és d'uns 200 W, s'han consumit 64 kWh i s'han emès 23,04 kg de CO<sub>2</sub>.

No s'ha calculat el possible consum energètic a causa de la il·luminació o climatització de l'espai de treball, en primer lloc perquè una gran part del temps s'ha treballat amb llum natural i en segon lloc perquè el consum s'hauria produït encara que no es treballés en el projecte.

## 13. Pressupost

En aquesta secció es presenta el pressupost del projecte. Aquest és un projecte principalment de simulació i de programació, per tant, els elements necessaris són els típics d'una oficina.

El pressupost d'aquest projectes es desglossa entre els costos d'enginyeria, els costos dels recursos informàtics (hardware i software) i els costos operatius corresponents al 10% del subtotal. Els preus de partida no tenen en compte l'IVA, el qual s'aplica a l'agregar els tres conceptes anteriors (Taula 41).

Descripció	Unitats	Preu	Total
<b>Costos d'enginyeria</b>			
<b>Cost de personal</b>			
Investigació i desenvolupament	110	35 €/h	3.850 €
Programació	120	35 €/h	4.200 €
Elaboració de la documentació	90	35€/h	3.150 €
<b>Recursos informàtics</b>			
Ordinador ASUS ZenBook	1	1.150 €	1.150 €
Llicència PVSyst	0,6	556 €	334 €
Llicència Microsoft Office	1	100 €	100 €
Llicència Minitab	1	1.390 €	1.390 €
Costos operatius (10% del subtotal)			1.417 €
Subtotal			14.174 €
I.V.A (21%)			2.976 €
<b>TOTAL PRESSUPOST</b>			<b>17.150 €</b>

*Taula 41. Pressupost del projecte*

La validesa del pressupost és de 3 mesos a partir de la data de la signatura.

**Data:** 21 de setembre del 2021

**Firma:** Pol Alemany i Armelles

## Conclusions

Aquest projecte tenia com a objectiu estudiar la viabilitat econòmica de la instal·lació de plaques fotovoltaiques a les cobertes del barri de l'Eixample de Barcelona. Aquest objectiu s'ha complert satisfactòriament sent capaç d'identificar quines són les situacions i les configuracions que possibiliten aquesta instal·lació i en quins casos no ho és. Per al desenvolupament del projecte s'han estudiat els següents punts:

- Anàlisi de l'estat de l'art de cadascun dels components necessaris per a una instal·lació fotovoltaica i de la legislació aplicable al projecte.
- Crear una base de dades i filtrar-la per poder tenir accés a les cobertes definides en l'abast del projecte i, també, per definir el bloc tipus i els seus consums.
- Desenvolupament de les eines necessàries per poder dur a terme les simulacions de les diferents situacions plantejades i així poder definir la viabilitat econòmica del projecte.
- Implementació dels resultats del bloc tipus i de les altres situacions plantejades en el concepte de micro-xarxa elèctrica.

Els resultats obtinguts per cadascuna de les situacions, són molt satisfactoris, ja que s'ha trobat en cada situació una configuració que fa viable la instal·lació de plaques fotovoltaiques. El primer cas plantejat ha estat el del bloc tipus, en aquest cas s'ha considerat que la millor opció és ocupar la totalitat de la superfície amb plaques fotovoltaiques amb una inclinació de  $10^{\circ}$ , sense utilitzar cap tipus de bateria. En la comparativa vers Energia de Barcelona, eina que ens ha servit per dimensionar la superfície útil, l'estudi realitzat mostra unes millores econòmiques i per tan una rendibilitat de la instal·lació sense cap tipus de subvenció.

El segon escenari plantejat ha estat per poder dimensionar blocs de pisos diferents al bloc tipus, és a dir, amb superfície útil i nombre d'habitatges per bloc diferent, tenint en compte des del cas de no tenir bateries fins a tenir-ne una de 2500 Ah. El resultat ha estat que en les cobertes inferiors a  $26,53 \text{ m}^2$  no és viable la instal·lació, per a cobertes entre  $26,53 \text{ m}^2$  i  $32,4 \text{ m}^2$ , la viabilitat només és possible sense bateries i per edificis amb una superfície més gran que  $32,4 \text{ m}^2$  ambdues possibilitats són viables. Ens hem adonat que les instal·lacions sense bateries sempre seran més rendibles econòmicament i que dona un millor rendiment econòmic posar bateries amb una capacitat petita enlloc d'una gran.

Respecte a l'aplicació del concepte de crear una micro-xarxa en una illa de l'Eixample de Barcelona aprofitant l'energia que es pot generar a partir de les cobertes de les que disposa, el resultat és satisfactori. Les diferències mostrades en els resultats entre una situació i l'altra demostren que és l'opció a tenir en compte en el futur.

Finalment, es pot concloure, que aquest estudi ha servit per demostrar que és viable el canvi de model energètic i que tots podem ser participants d'aquest canvi. No és necessària la inversió de diners d'entitats per portar endavant aquest tipus de projectes i que està en mans de la societat voler fer aquest canvi. Les autoritats, per la seva part, haurien d'encarregar-se de facilitar l'arribada d'aquesta informació a la població, facilitar la tramitació i l'execució d'aquests projectes i acabar de definir un marc legal per poder portar endavant el concepte de les micro-xarxes.

# Bibliografia

## Referències bibliogràfiques

- Aiguasol. (2019). *Guia\_comunidades\_energeticas\_locales*. Obtenido de [https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones\\_idae/guia\\_para-desarrollo-instrumentos-fomento\\_comunidades\\_energeticas\\_locales\\_20032019\\_0.pdf](https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/guia_para-desarrollo-instrumentos-fomento_comunidades_energeticas_locales_20032019_0.pdf)
- AJUNTAMENT DE BARCELONA. (2020). *Barcelona Open Data*. Obtenido de <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/es/analytics>
- Ajuntament de Barcelona. (s.f.). *CartoBCN*. Obtenido de <https://w20.bcn.cat/cartobcn/default.aspx?lang=es>
- Ajuntament de Barcelona. (s.f.). *Energia Barcelona*. Obtenido de <https://energia.barcelona/ca/mapa-quanta-energia-pots-generar>
- Crehuet, À. (2020). *PROJECTE CASA GUILLERMO*. Barcelona.
- ENDESA. (s.f.). *Esenergoa*. Obtenido de <https://esenergia.es/precio-venta-excedente-autoconsumo/>
- Generalitat de Catalunya. (s.f.). *ICAEN*. Obtenido de [http://icaen.gencat.cat/web/.comptent/10\\_ICAEN/17\\_publicacions\\_informes/14\\_coleccio\\_RecomanacionsICAEN/arxius/R03\\_Autoconsum\\_FV\\_domestic.pdf](http://icaen.gencat.cat/web/.comptent/10_ICAEN/17_publicacions_informes/14_coleccio_RecomanacionsICAEN/arxius/R03_Autoconsum_FV_domestic.pdf)
- Habitissimo*. (2021). Obtenido de <https://www.habitissimo.es/presupuestos/hacer-mantenimiento-placas-solares>
- IBERDROLA. (2021). *Plan elige 8 horas*. Obtenido de <https://www.iberdrola.es/luz/plan-elige-8-horas>
- IBERDROLA. (2021). *Plan estable*. Obtenido de <https://www.iberdrola.es/luz/plan-estable>
- ICAEN. (s.f.). *Full informatiu dels preus de l'energia*. Obtenido de [http://icaen.gencat.cat/web/.comptent/20\\_Energia/27\\_preus\\_energia/arxius/fullpreu.pdf](http://icaen.gencat.cat/web/.comptent/20_Energia/27_preus_energia/arxius/fullpreu.pdf)
- Instalación y mantenimiento de un sistema fotovoltaico*. (2020). Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/825/2/Eduardo%20%C3>

%A1valos%20de%20le%C3%B3n%20MER.pdf

ITeC. (2021). *BEDEC*. Obtenido de <https://metabase.itec.cat/vid/ca/bedec>

Ramirez, J. (2020). *L'autoconsum fotovoltaic*. Barcelona.

REE. (s.f.). [1]

[https://www.ree.es/sites/default/files/interactivos/como\\_consumimos\\_electricidad/como-varia-mi-consumo.html](https://www.ree.es/sites/default/files/interactivos/como_consumimos_electricidad/como-varia-mi-consumo.html).

SOM ENERGIA. (2021). *Tarifa 2.0TD*. Obtenido de <https://www.somenergia.coop/es/tarifas-de-electricidad/#tarifa20TD>

STATISTA. (2019). *Promedio de personas en los hogares de España*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/1013728/promedio-de-personas-en-los-hogares-en-espana-segun-comunidad-autonoma/>

Sumper, A. (2019). *Micro and local power markets*. Barcelona.

TEMPEL GROUP. (s.f.). <https://tempelgrouplatam.com/como-calcular-la-capacidad-de-las-baterias/>.

## ANNEXOS

Annex I	104
Annex II	105
Annex III	107
Annex IV	111
Annex V	113
Annex VI	116
Annex VII	119
Annex VIII	123
Annex IX	127

## ANNEX I. Components d'una instal·lació fotovoltaica

En el següent Figura I 1. Esquema d'una instal·lació fotovoltaica. es pot veure esquematitzat els diferents elements que poden formar part de la configuració d'una instal·lació fotovoltaica: **A1**: Generador fotovoltaic, **A2**: Inversor, **A3**: Punt de connexió, **B1**: Proteccions contra sobretensions, **B2**: Fusibles, **B3**: Interruptor manual o automàtic, **B4**: Quadre de connexió de l'inversor a la xarxa CA, **B5**: Punt de connexió a la xarxa **C1**: Presa de terra de la instal·lació fotovoltaica, **D1**: Dispositiu de no injecció a la xarxa, **D2**: sistema d'acumulació d'energia.

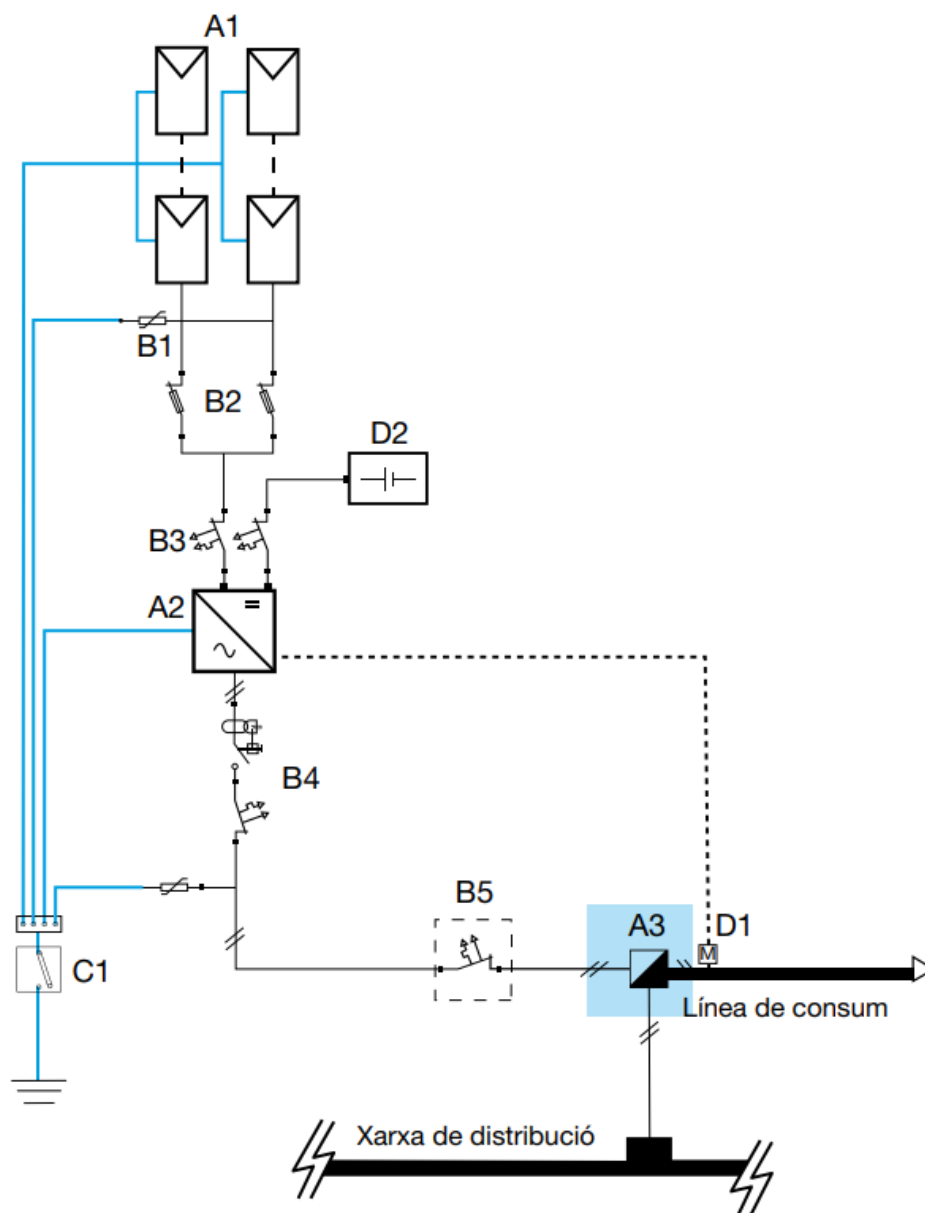


Figura I 1. Esquema d'una instal·lació fotovoltaica.



## ANNEX II. Factura de la llum de SOM ENERGIA

En la Figura II 1 i en la Figura II 2 es pot veure les dades que s'han utilitzat per calcular la factura de la llum.

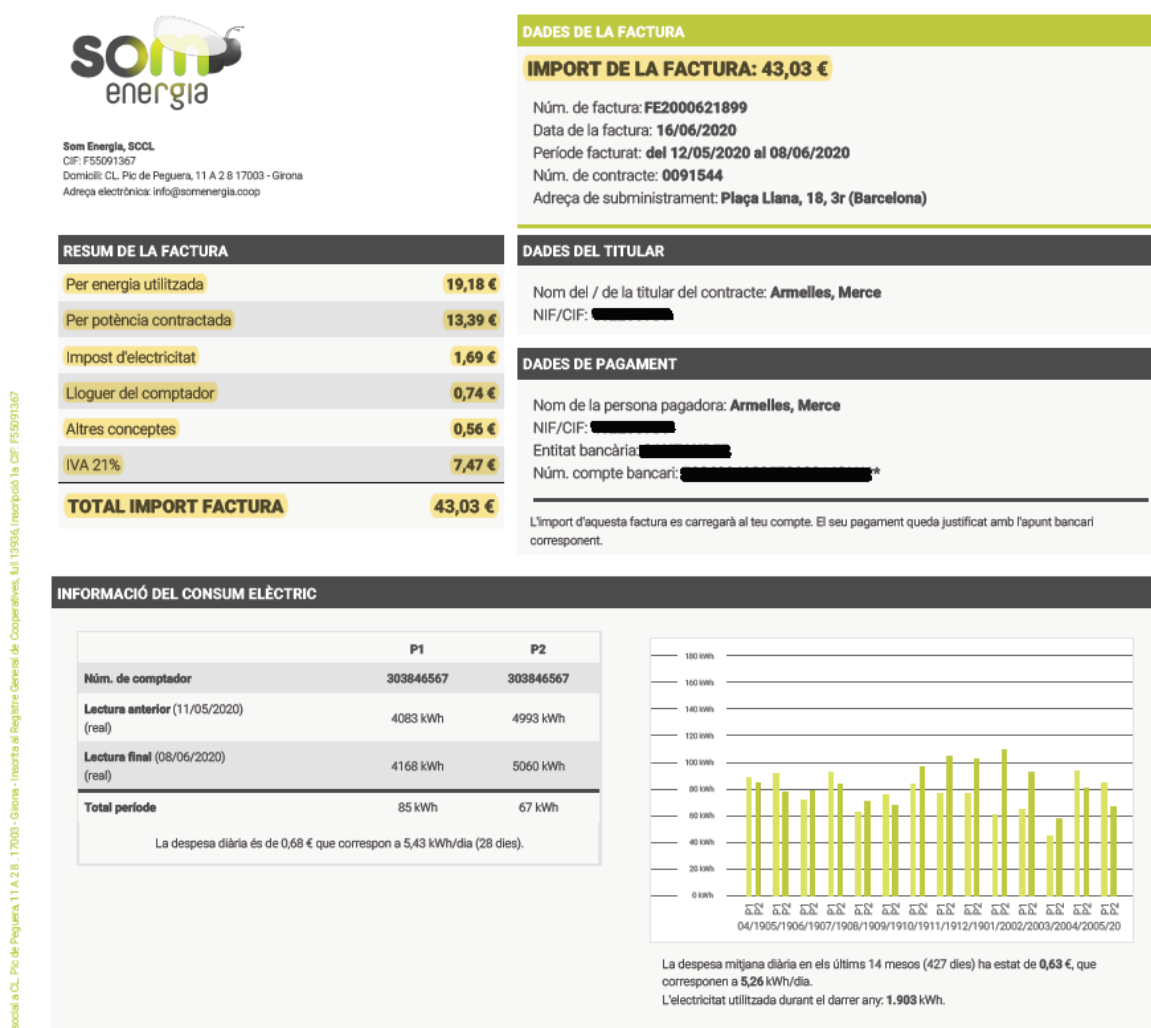


Figura II 1. Factura de la llum de Som Energia (I)

**DADES DEL CONTRACTE**

Adreça de subministrament: **Plaça Liana, 18, 3r (Barcelona)**  
**Potència contractada (kW): 4,6 (facturació per ICP)**  
Tarifa contractada: **2.0DHA**  
CUPS: **ES0031405976017006FQ0F**  
Comptador telegestionat: **Sí**  
CNAE: **9820**  
Data d'alta del contracte: **2018-08-17**, sense condicions de permanència  
Forma de pagament: rebut domiciliat  
Data de renovació automàtica: **2020-08-17**

*Figura II 2. Factura de la llum de Som Energia (II)*

## Annex III. Codi de JavaScript i Python utilitzat per crear la base de dades

En la Figura III 1. Informació d'una coberta. es pot veure la forma en que la pàgina web d'Energia de Barcelona codifica la informació de cada coberta. En la Figura III 2. Codi JavaScript es pot veure el codi de *JavaScript* utilitzat per extreure la informació d'aquesta pàgina web. En la Figura III 3 i la Figura III 4 es veuen els codis de *Python* que s'han utilitzat per transformar la informació en format *json* en *xlsm* i així poder-la treballar en Excel.

```
{
  "rows": [
    {
      "geometry": {
        "type": "MultiPolygon",
        "coordinates": [
          [
            [
              [
                [2.148437456, 41.321528235],
                [2.1484411, 41.321573182],
                [2.148482849, 41.321571248],
                [2.148479181, 41.3215263],
                [2.148437456, 41.321528235]
              ]
            ]
          ]
        ],
        "cartodb_id": 1,
        "the_geom": "0106000020E6100000010000001030000000100000005000000E8AD12FAFF2F0140547A52D627A944408F6E3EE301300140AE635E4F29A94440C857B0C617300140D2BA243F29A94440CEC948DA153001402A7018C627A94440E8AD12FAFF2F0140547A52D627A94440",
        "the_geom_webmercator": "0106000020110F000001000000010300000001000000050000008F386CB5D7310D41FDE2B9D34A4D5341FD2854F4DA310D414AC21D7E4C4D53417309582200320D418183C46B4C4D534101FEF1DDFC310D41FA3660C14A4D53418F386CB5D7310D41FDE2B9D34A4D5341",
        "text": "I.Te",
        "radiacio": "Limitada",
        "plantes_ro": "I",
        "num_plante": 1,
        "consum_esc": "-",
        "cost_mante": "-",
        "id1": 1,
        "superfici1": "-",
        "superficie": "0",
        "potencia_i": "-",
        "energia_ge": "-",
        "equivalenc": "-",
        "est_emis_h": "-",
        "id2": 1,
        "inversio_e": "-",
        "estalvi_ec": "-",
        "zceq1": null,
        "zceq2": null,
        "zceq3": null,
        "zones_comu": "-",
        "id3": 1,
        "created_at": "2015-03-12T00:00:00Z",
        "updated_at": "2015-03-12T00:00:00Z"
      },
      "time": 0.003,
      "fields": {
        "geometry": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "cartodb_id": {
          "type": "number",
          "pgtype": "int4"
        },
        "the_geom": {
          "type": "geometry",
          "wkbtype": "Unknown",
          "dims": 2,
          "srid": 4326
        },
        "the_geom_webmercator": {
          "type": "geometry",
          "wkbtype": "Unknown",
          "dims": 2,
          "srid": 3857
        },
        "text": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "radiacio": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "plantes_ro": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "num_plante": {
          "type": "number",
          "pgtype": "int8"
        },
        "consum_esc": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "cost_mante": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "id1": {
          "type": "number",
          "pgtype": "int8"
        },
        "superfici1": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "superficie": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "potencia_i": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "energia_ge": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "equivalenc": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "est_emis_h": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "id2": {
          "type": "number",
          "pgtype": "int8"
        },
        "inversio_e": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "estalvi_ec": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "zceq1": {
          "type": "number",
          "pgtype": "float8"
        },
        "zceq2": {
          "type": "number",
          "pgtype": "float8"
        },
        "zceq3": {
          "type": "number",
          "pgtype": "int8"
        },
        "zones_comu": {
          "type": "string",
          "pgtype": "text"
        },
        "id3": {
          "type": "number",
          "pgtype": "int8"
        },
        "created_at": {
          "type": "date",
          "pgtype": "date"
        },
        "updated_at": {
          "type": "date",
          "pgtype": "date"
        }
      },
      "total_rows": 1
    }
  ]
}
```

Figura III 1. Informació d'una coberta.

```

},
"properties" : {
  "FID" : 6,
  "ID_ANNEX" : "01",
  "ANNEXDESCR" : "Grup - I",
  "ID_TEMA" : "0104",
  "TEMA_DESCR" : "Unitats Administratives",
  "ID_CONJUNT" : "010412",
  "CONJ_DESCR" : "Districtes",
  "ID_SUBCONJ" : "01041201",
  "SCONJ_DESC" : "Districte",
  "ID_ELEMENT" : "0104120101",
  "ELEM_DESCR" : "Límit de districte",
  "NIVELL" : "ADM_02_PL",
  "NDESCR_CA" : "Límit de districte (polígon)",
  "NDESCR_ES" : "Límite de distrito (polígono)",
  "NDESCR_EN" : "District boundary (polygon)",
  "TERME" : "080193",
  "DISTRICTE" : "06",
  "BARRI" : "-",
  "AEB" : "-",
  "SEC_CENS" : "-",
  "GRANBARRI" : "-",
  "ZUA" : "-",
  "AREA_I" : "-",
  "LITERAL" : "06",
  "PERIMETRE" : 12482.174000000001,
  "AREA" : 4224277.8389999997,
  "CODI_UA" : "06",
  "TIPUS_UA" : "DISTRICTE",
  "NOM" : "Gràcia",
  "WEB1" : "http://www.bcn.cat/gracia",
  "WEB2" : "http://www.bcn.cat/estadistica/catala/dades/guiadt06/index.htm",
  "WEB3" : "http://www.bcn.cat/estadistica/catala/documents/districtes/06_Gracia_2017.pdf",
  "FHEX_COLOR" : "#000000",
  "Shape_Leng" : 12482.174349499999,
  "Shape_Area" : 4224277.8395100003
}
},
{
  "type" : "Feature",
  "id" : 7,
  "geometry" : {
    "type" : "Polygon",
    "coordinates" : [
      [
        [
          429793.92650000006,
          4589028.3904999997
        ],
        [
          429793.38949999958,
          4589049.8935000002
        ]
      ]
    ]
  }
}

```

*Figura III 2. Codi JavaScript.*

```
from JSON_lib import JSON_r
from JSON_lib import JSON_w

import numpy as np
import os

import pandas as pd

# Declaració de les direccions de treball per carregar fitxers
Eix_path = './Eixample/'
# Llista de fitxers existents per extreure dades
JSON_list = os.listdir(Eix_path)

Data=[]
for i in JSON_list:

    p1 = JSON_r(Eix_path+i)

    pc= p1['rows'][0]

    rad = pc['radiacio']
    pot_i = pc['potencia_i']
    sup = pc['superficie']
    sup1 = pc['superfici1']
    E_gen = pc['energia_ge']
    Equiv = pc['equivalenc']
    inversio = pc['inversio_e']

    l =[rad,pot_i,sup,sup1,E_gen,Equiv,inversio]

    Data.append(l)

Dfiltered = []
for i in Data:

    if 'Limitada' not in i:

        Dfiltered.append(i)

cols = ['radiacio','potencia_i','superficie','superfici1','energia_ge','equivalenc','inversio_e']

data_array= np.array(Dfiltered)

df=pd.DataFrame(data_array,columns=cols)

df.to_csv('./Dades_eixample.csv')
```

*Figura III 3. Codi Python (I)*

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Tue May 11 19:42:22 2021

@author: aorom
"""
from JSON_lib import JSON_r
from JSON_lib import JSON_w

import json

import os
from turfpy.measurement import boolean_point_in_polygon
from geojson import Point, MultiPolygon, Feature

from pyproj import Transformer

# Declaració de l'objecte de transformació
transformer = Transformer.from_crs("epsg:4326", "epsg:25831",always_xy=True)

# Declaració de les direccions de treball per carregar fitxers
JSON_path = './JSON FILES/collection/'

Eix_path = './Eixample'
# Llista de fitxers existents per extreure dades
JSON_list = os.listdir(JSON_path)

poligons = JSON_r('./Poligons.json')

Eixample = poligons['features'][2]['geometry']

Eix_coord = Eixample['coordinates']

# Eix_poly = Feature(Eixample)

for json_i in JSON_list:
    p1 = JSON_r(JSON_path+json_i)

    coords = json.loads(p1['rows'][0]['geometry'])['coordinates']

    p = coords[0][0][0]

    # print(p)

    p_transf = transformer.transform(*p)

    # print(p_transf)

    point = Feature(geometry=Point(p_transf))

    if boolean_point_in_polygon(point, Eixample):
        JSON_w(Eix_path,json_i,p1)
```

*Figura III 4. Codi Python (II)*

## Annex IV. Finestres del PVSyst utilitzat per realitzar la simulació

De la Figura IV 1 a la Figura IV 3 es poden veure les diferents finestres del programa PVSyst. En la Figura IV 1 les opcions de configuració imprescindibles són “Selección del módulo PV”, “Selección del inversor” i “Dimensionamento del conjunto”. En la Figura IV 3 es important en cas de que existeixi la possibilitat de que es creïn ombres a les plaques de la instal·lació.

**Configuración global sistema**

1 Núm. de tipos de sub-conjuntos

Esquema Simplificado

**Resumen sistema global**

Núm. de módulos	12	Potencia nominal FV	6.5 kWp
Superficie módulos	31 m <sup>2</sup>	Potencia máxima FV	5.9 kWdc
Núm. de inversores	0.5	Potencia nominal CA	6.0 kWac

Conjunto FV

**Nombre y orientación del sub-conjunto**

Nombre: Conjunto FV

Orientación: **Plano Inclinado Fijo**      Inclinación: 0°      Acimut: -45°

**Ayuda al dimensionamiento**

Sin pre-dim.      Entrar Pnom deseada: 7.6 kWp

Redimens.      superficie disponible(módulos): 37 m<sup>2</sup>

**Selección del módulo FV**

Disponible actualmente: [dropdown]      Filter: All PV modules      Máx. cantidad de módulos: 14

ATERSA\_GS\_SS      540 Wp 34V      Si-mono      Atersa A-540M-HM79 GS SS      Since 2021      Manufacturer 2021      [Abrir]

Dimensionamiento de voltajes: 36.9 V      Voc (-10°C): 53.4 V

Use Optimizer

**Selección del inversor**

Disponible actualmente: [dropdown]      Output voltage 400 V Tri 50Hz       50 Hz       60 Hz

Huawei Technologies      12 kW      160 - 950 V      TL      50/60Hz      SUN2000MA-12KTL      Since 2019      [Abrir]

Núm. de entradas MPPT: 1            Voltaje de funcionam.: 160-950 V      Inverter power used: 6.0 kWac

Utilice característica mu      Voltaje máx. de entrada: 1080 V      **inversor con 2 MPPT**

**Dimensionamiento del conjunto**

**Núm. de módulos y cadenas**

Mód. en serie: 12       entre 5 y 20

Núm. de cadena: 1       única posibilidad 1

Perdida sobrecarga: 0.0 %      Pérd. sobrecarga: [?]      Relación Pnom: 1.08

Núm. módulos: 12      Superficie: 31 m<sup>2</sup>

**Cond. de funcionamiento**

Vmpp (60°C)	443 V
Vmpp (20°C)	502 V
Voc (-10°C)	641 V

Irradiancia plano: 1000 W/m<sup>2</sup>

Impp (STC): 13.2 A      Pmáx en funcionamiento: 6.0 kW       Máx. en bases       STC

Isc (STC): 13.8 A      en 1000 W/m<sup>2</sup> y 50°C

Isc (en STC): 13.8 A      **Potencia nom. Conjunto (STC) 6.5 kWp**

Figura IV 1. Finestra "Sistema"

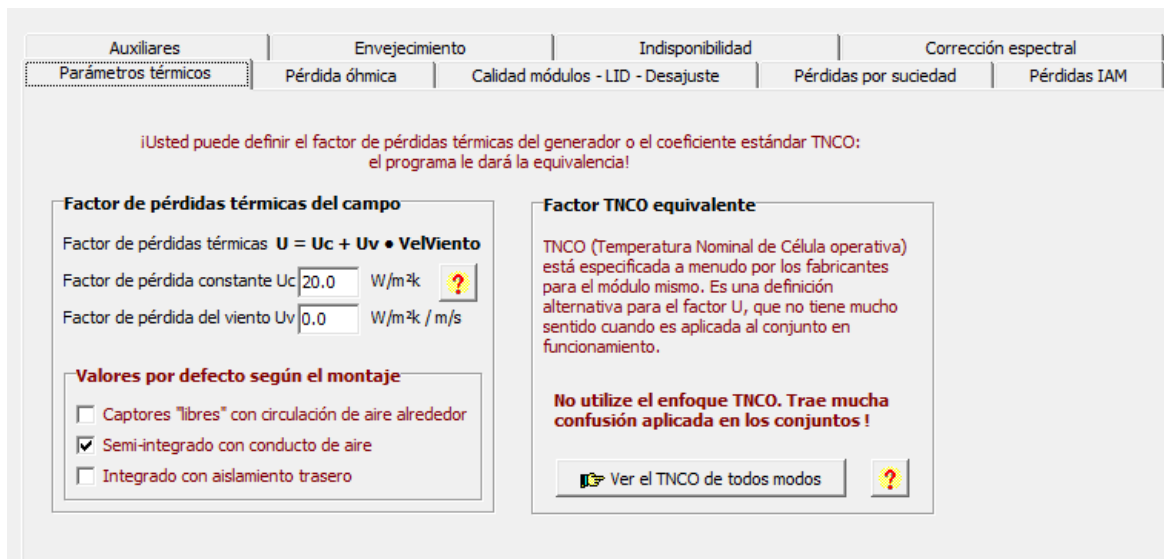


Figura IV 2. Finestra de "Pérdidas".

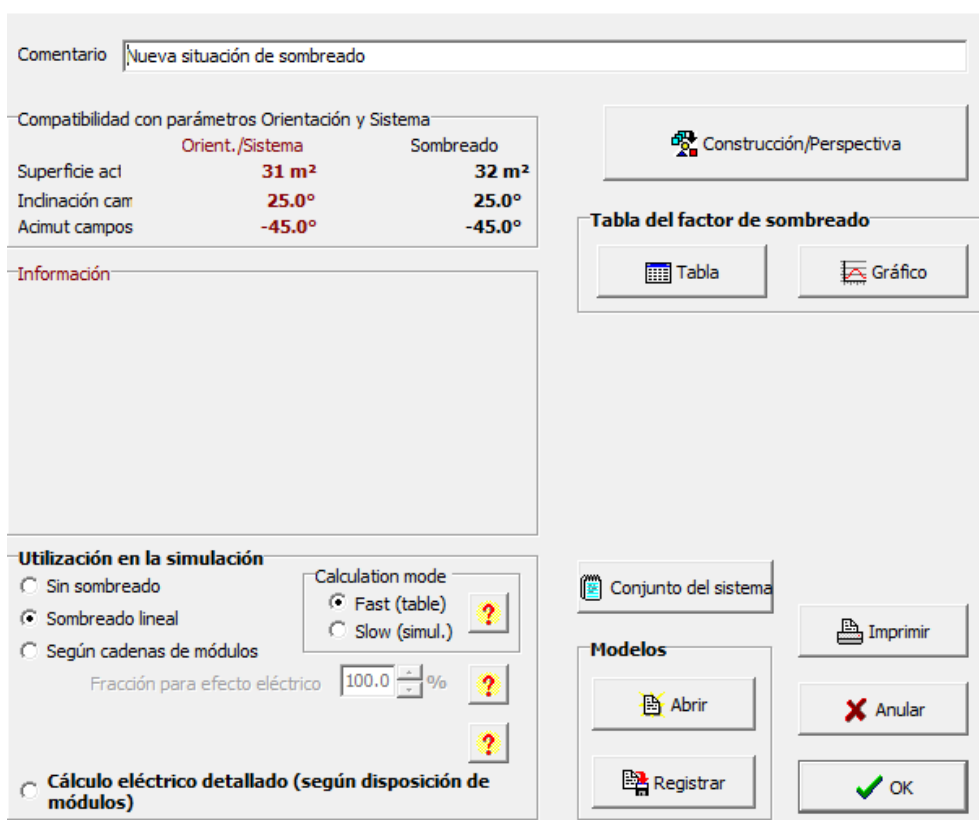


Figura IV 3. Finestra de "Sombreados".



## Annex V. Perfils de consum vers la generació

En les següents figures (Figura V 1, Figura V 2, Figura V 3, Figura V 4, Figura V 5) es pot veure com el consum energètic vers la generació en les diferents temporades definides en l'estudi. Els perfils son extrets en dies aleatoris.

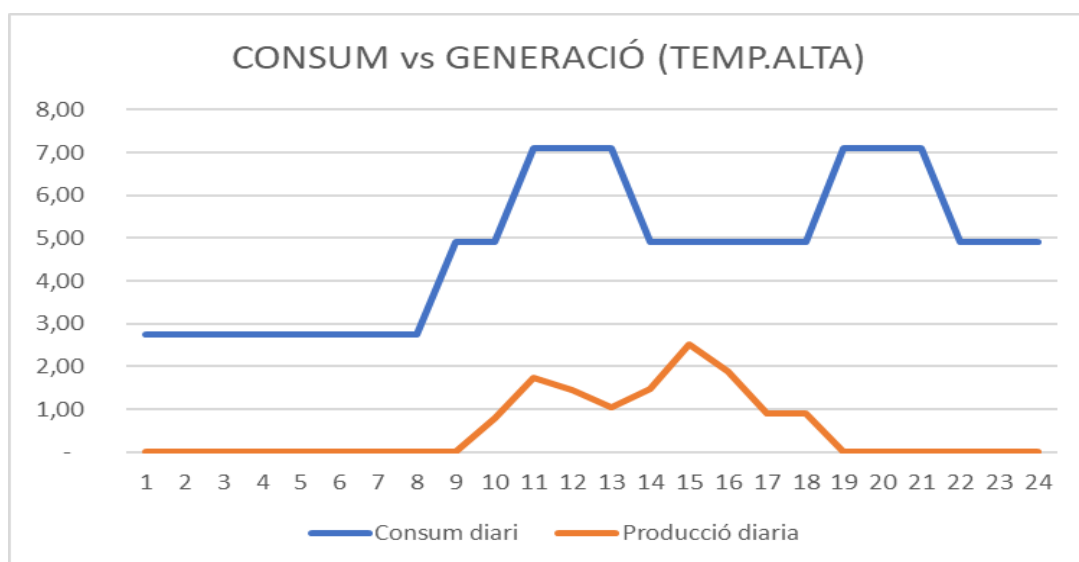


Figura V 1. Annex Generació i consum diari en temporada alta

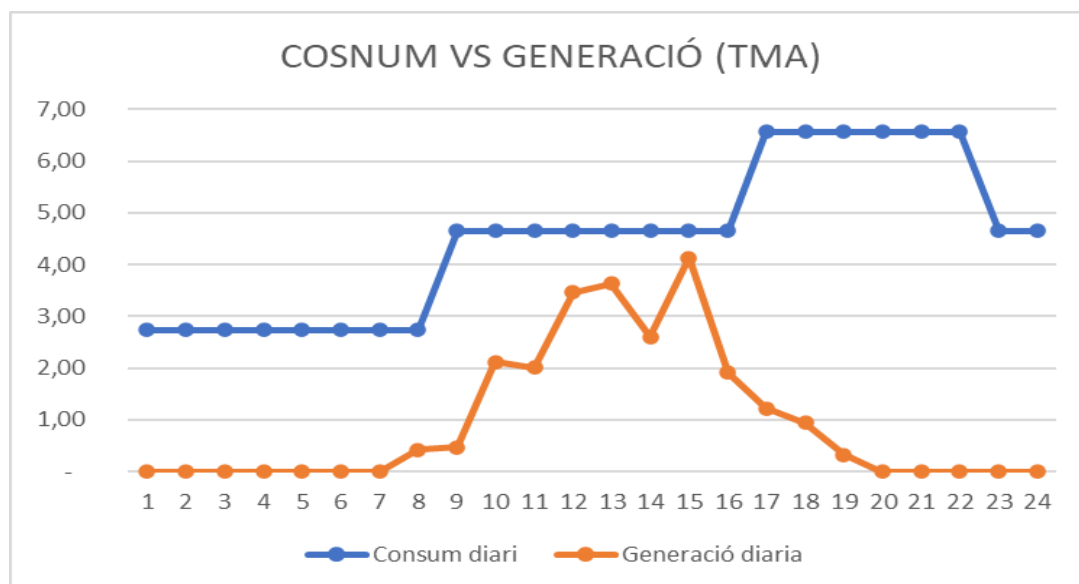


Figura V 2. Generació i consum diari en temporada mitja alta

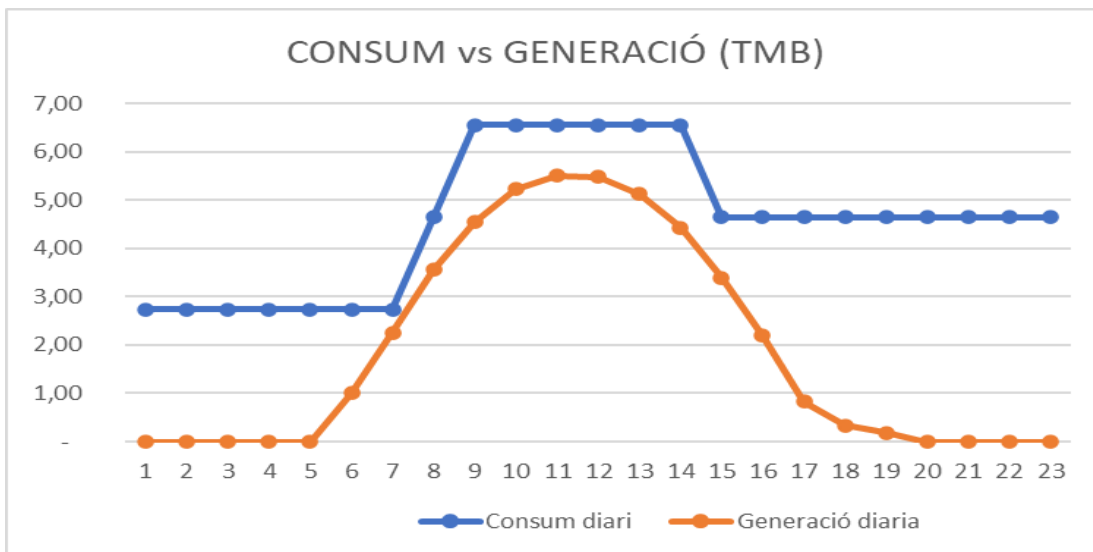


Figura V 3. Generació i consum diari en temporada mitja baixa

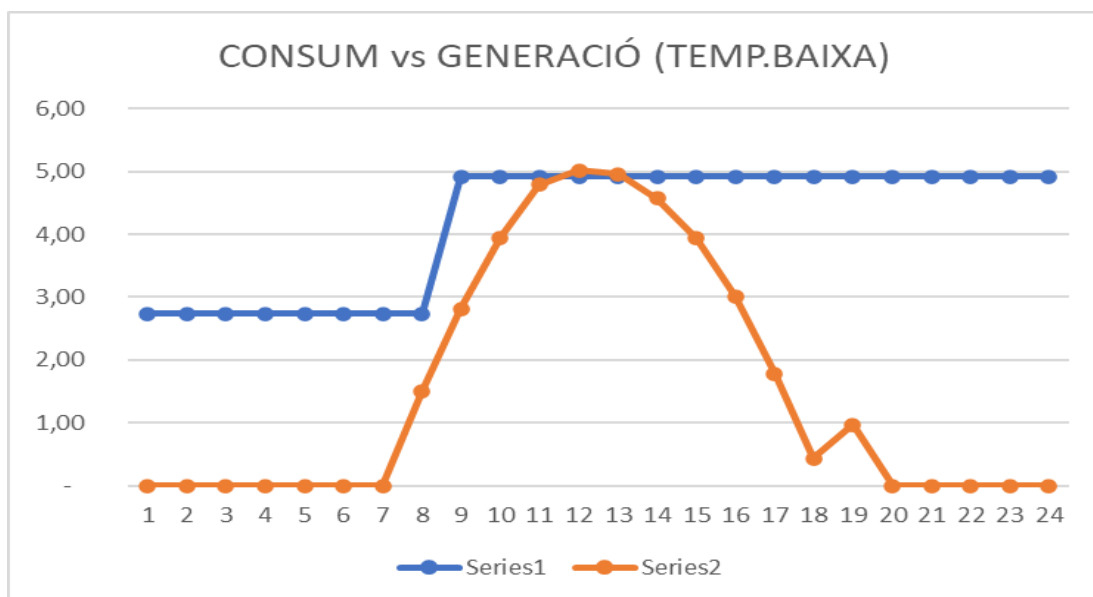


Figura V 4. Generació i consum diari en temporada baixa

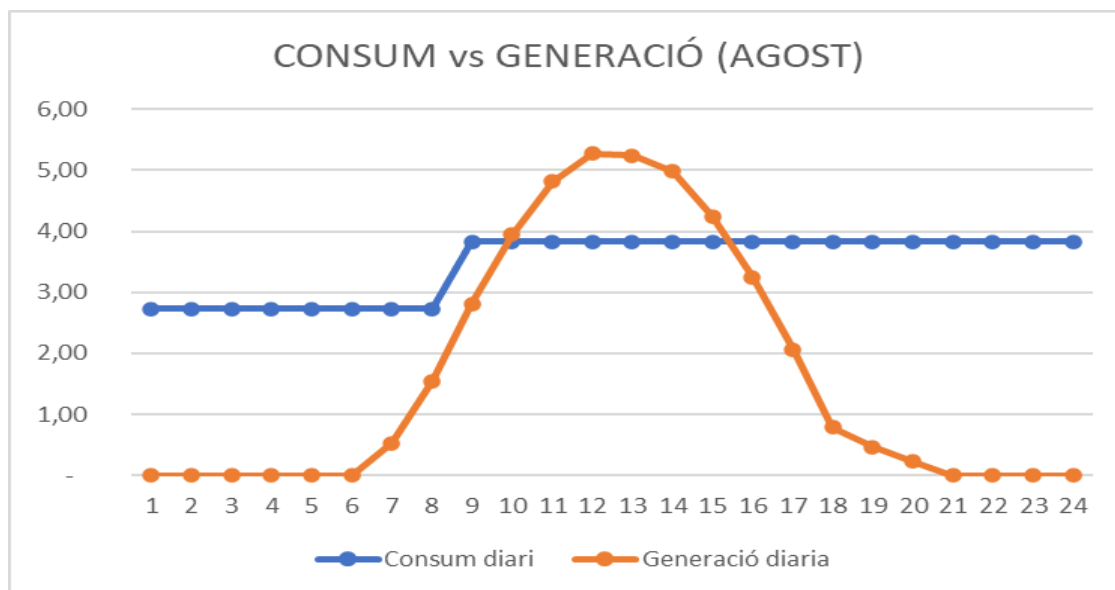


Figura V 5. Generació i consum diari en agost

## Annex VI. Fulles i fórmules. Excel

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** i la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** representen les opcions 1 i 2 de consum energètic, respectivament.

	TEMPORADA	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
	ALTA	1	2	3	4	5	6	7
0	1	32%	32%	32%	32%	32%	32%	32%
1	2	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
2	3	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
3	4	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%
4	5	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%
5	6	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
6	7	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%
7	8	36%	36%	36%	36%	36%	36%	36%
8	9	46%	46%	46%	46%	46%	46%	46%
9	10	47%	47%	47%	47%	47%	47%	47%
10	11	48%	48%	48%	48%	48%	48%	48%
11	12	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%
12	13	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
13	14	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%
14	15	46%	46%	46%	46%	46%	46%	46%
15	16	39%	39%	39%	39%	39%	39%	39%
16	17	38%	38%	38%	38%	38%	38%	38%
17	18	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
18	19	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
19	20	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%
20	21	74%	74%	74%	74%	74%	74%	74%
21	22	62%	62%	62%	62%	62%	62%	62%
22	23	53%	53%	53%	53%	53%	53%	53%
23	24	38%	38%	38%	38%	38%	38%	38%

Figura VI 1. Opció 1 de consum energètic

	TEMPORADA	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
	ALTA	1	2	3	4	5	6	7
0	1	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
1	2	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
2	3	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
3	4	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
4	5	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
5	6	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
6	7	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
7	8	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
8	9	45%	45%	45%	45%	45%	25%	25%
9	10	45%	45%	45%	45%	45%	25%	25%
10	11	65%	65%	65%	65%	65%	25%	25%
11	12	65%	65%	65%	65%	65%	25%	25%
12	13	65%	65%	65%	65%	65%	25%	25%
13	14	45%	45%	45%	45%	45%	25%	25%
14	15	45%	45%	45%	45%	45%	25%	25%
15	16	45%	45%	45%	45%	45%	25%	25%
16	17	45%	45%	45%	45%	45%	25%	25%
17	18	45%	45%	45%	45%	45%	25%	25%
18	19	65%	65%	65%	65%	65%	25%	25%
19	20	65%	65%	65%	65%	65%	25%	25%
20	21	65%	65%	65%	65%	65%	25%	25%
21	22	45%	45%	45%	45%	45%	25%	25%
22	23	45%	45%	45%	45%	45%	25%	25%
23	24	45%	45%	45%	45%	45%	25%	25%

Figura VI 2. Opció 2 de consum energètic..

En la Figura VI 3 es veu el codi utilitzat per programar quin és el percentatge de potència instal·lada que esta consumint.. En la Figura VI 4 En la Figura VI 5 es veu el codi utilitzat per programar els preus de les tarifes. En la Figura VI 6 es veu el codi utilitzat per calcular els estalvis indirectes.

```
=SI.ND(INDICE(Consums!$D$15:$D$30;COINCIDIR(C19;Consums!$A$15:$A$30;0);0);SI(Y(C19>=Consums!$D$16;Calculs!C19<=Consums!$F$16);Consums!$H$16;SI(Y(C19>=Consums!$D$17;Calculs!C19<=Consums!$F$17);Consums!$H$17;SI(Y(C19>=Consums!$D$18;Calculs!C19<=Consums!$F$18);Consums!$H$18;SI(Y(C19>=Consums!$D$19;Calculs!C19<=Consums!$F$19);Consums!$H$19;SI(Y(C19>=Consums!$D$20;Calculs!C19<=Consums!$F$20);Consums!$H$20;SI(Y(C19>=Consums!$D$21;Calculs!C19<=Consums!$F$21);Consums!$H$21;SI(Y(C19>=Consums!$D$22;Calculs!C19<=Consums!$F$22);Consums!$H$22;SI(Y(C19>=Consums!$D$23;Calculs!C19<=Consums!$F$23);Consums!$H$23;SI(Y(C19>=Consums!$D$24;Cal
```

```
culs!C19<=Consums!$F$24);Consums!$H$24;SI(Y(C19>=Consums!$D$25;Calculs!C19<=Consums!$F$25);Consums!$H$25;SI(Y(C19>=Consums!$D$26;Calculs!C19<=Consums!$F$26);Consums!$H$26;SI(Y(C19>=Consums!$D$27;Calculs!C19<=Consums!$F$27);Consums!$H$27;SI(Y(C19>=Consums!$D$28;Calculs!C19<=Consums!$F$28);Consums!$H$28;"REVISAR"))))))))))))
```

*Figura VI 3. Codi per programmar la temporada*

```
=SI(F19="TA";BUSCARH(D19;Consums!$K$5:$S$29;COINCIDIR(Calculs!E19;Consums!$K$5:$K$29;0));SI(F19="TMA";BUSCARH(D19;Consums!$K$33:$S$57;COINCIDIR(Calculs!E19;Consums!$K$33:$K$57;0));SI(F19="TMB";BUSCARH(D19;Consums!$K$60:$S$84;COINCIDIR(Calculs!E19;Consums!$K$60:$K$84;0));SI(F19="Agosto";BUSCARH(D19;Consums!$K$89:$S$113;COINCIDIR(Calculs!E19;Consums!$K$89:$K$113;0));SI(F19="TB";BUSCARH(D19;Consums!$K$117:$S$141;COINCIDIR(Calculs!E19;Consums!$K$117:$K$141;0));"REVISAR"))))
```

*Figura VI 4. Codi per programmar el consum energètic horari*

```
=J18*SI(F18="TA";BUSCARH(D18;Preus!$I$4:$Q$28;COINCIDIR(Calculs!E18;Preus!$I$4:$I$28;0));SI(F18="TMA";BUSCARH(D18;Preus!$I$31:$Q$55;COINCIDIR(Calculs!E18;Preus!$I$31:$I$55;0));SI(F18="TMB";BUSCARH(D18;Preus!$I$58:$Q$82;COINCIDIR(Calculs!E18;Preus!$I$58:$I$82;0));SI(F18="Agosto";BUSCARH(D18;Preus!$I$85:$Q$109;COINCIDIR(Calculs!E18;Preus!$I$85:$I$109;0));SI(F18="TB";BUSCARH(D18;Preus!$I$112:$Q$136;COINCIDIR(Calculs!E18;Preus!$I$112:$I$136;0));"REVISAR"))))
```

*Figura VI 5. Codi per programmar els preus de les tarifes*

```
SI(SUMA(N36:N59)>Dades!$E$28*12*2*Dades!$E$29/100;Dades!$E$28*12*2*(Dades!$E$29/100)*Preus!$K$6+(SUMA(N36:N59)-Dades!$E$28*12*2*(Dades!$E$29/100))*Preus!$G$5;SUMA(N36:N59)*Preus!$K$15)
```

*Figura VI 6. Codi de programació dels estalvis indirectes*

## Annex VII. Aplicatiu de simulació

De la Figura VII 1 a la Figura VII 4 es poden veure les diferents pestanyes de l'Excel que s'han programat per l'aplicatiu. En la primera Figura VII 1 hi han les dades de les dos perfils de consum. En la Figura VII 2, s'observen les dades del preu kWh de les tres tarifes escollides. En la Figura VII 3, s'observen les dades de les capacitats de les bateries i els seus preus corresponents. En la Figura VII 4, s'observen les dades de les potències del panel fotovoltaic i el seu preu associat. En la Figura VII 5, s'observa un tros de la pestanya de càlculs.

OPCIÓ 1	OPCIÓ 2	
	DII a Dv	Findes
32%	25%	25%
20%	25%	25%
18%	25%	25%
16%	25%	25%
17%	25%	25%
18%	25%	25%
23%	25%	25%
36%	25%	25%
46%	45%	25%
47%	45%	25%
48%	65%	25%
44%	65%	25%
50%	65%	25%
55%	45%	25%
46%	45%	25%
39%	45%	25%
38%	45%	25%
40%	45%	25%
60%	65%	25%
72%	65%	25%
74%	65%	25%
62%	45%	25%
53%	45%	25%
38%	45%	25%

Figura VII 1. Dades del consum energètic diari.

	Precio energía	Precio energía	Precio energía
	2.0 A	2.0 DHA	2.0 DHS
<b>TA</b>			
0	0,145150	0,186570	0,090302
1	0,145150	0,186570	0,090302
2	0,145150	0,186570	0,090302
3	0,145150	0,186570	0,090302
4	0,145150	0,186570	0,090302
5	0,145150	0,186570	0,090302
6	0,145150	0,186570	0,090302
7	0,145150	0,186570	0,090302
8	0,145150	0,186570	0,161527
9	0,145150	0,186570	0,161527
10	0,145150	0,186570	0,284897
11	0,145150	0,186570	0,284897
12	0,145150	0,186570	0,284897
13	0,145150	0,111791	0,284897
14	0,145150	0,111791	0,161527
15	0,145150	0,111791	0,161527
16	0,145150	0,111791	0,161527
17	0,145150	0,111791	0,161527
18	0,145150	0,111791	0,284897
19	0,145150	0,111791	0,284897
20	0,145150	0,111791	0,284897
21	0,145150	0,186570	0,284897
22	0,145150	0,186570	0,161527
23	0,145150	0,186570	0,161527

Figura VII 2. Dades dels preus del kWh hora de cada tarifa



Baterias		Preus
0	0 Ah	-544
0,66	660 Ah	1150
0,765	765 Ah	1240
0,985	985 Ah	1480
1,329	1329 Ah	1914
1,41	1410 Ah	2075
1,65	1650 Ah	2198
1,99	1990 Ah	2539
2,35	2350 Ah	3366
2,5	2500 Ah	3812
3,1	3100 Ah	4361
3,335	3335 Ah	4783,08
3,85	3850 Ah	5396,72
4,1	4100 Ah	5733,91
4,6	4600 Ah	6060

*Figura VII 3. Capacitat i preus de les bateries*

Panells	Preus
0,2	119
0,275	150
0,31	187
0,32	193
0,33	199
0,34	203
0,54	215
0,55	219

*Figura VII 4. Potència i preus dels panells.*

Fecha / Hora	Dia	Hora	Calendario	En Rel	Consumo E kWh	Por Pot. E kWh	Producción E kWh	Autocons E kWh	Excedente E kWh	Tarifa z.0 D.	Precio Red.	Estalvi directe	Estalvi Excedent	2 carrega dia	1 carrega dia	Excedents bateria	Capacitat bateria	HORAS AMB EXCEDENT	Cicles (2 carrega)	Cicles (1 carrega)
1-1-18 0:00	1	0	TA	32,00%	5,89	1,96	-	-	-	0,285	0,285€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 1:00	1	1	TA	20,00%	1,04	1,23	-	-	-	0,178	0,178€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 2:00	1	2	TA	18,00%	0,94	1,10	-	-	-	0,160	0,160€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 3:00	1	3	TA	16,00%	0,83	0,98	-	-	-	0,142	0,142€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 4:00	1	4	TA	17,00%	0,88	1,04	-	-	-	0,151	0,151€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 5:00	1	5	TA	18,00%	0,94	1,10	-	-	-	0,160	0,160€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 6:00	1	6	TA	23,00%	1,20	1,41	-	-	-	0,205	0,205€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 7:00	1	7	TA	36,00%	1,87	2,21	-	-	-	0,320	0,320€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 8:00	1	8	TA	46,00%	2,39	2,82	-	-	-	0,410	0,410€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 9:00	1	9	TA	47,00%	2,44	2,88	0,66	0,66	-	0,418	0,322€	0,096€	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 10:00	1	10	TA	48,00%	2,50	2,94	1,15	1,15	-	0,427	0,261€	0,166€	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 11:00	1	11	TA	44,00%	2,29	2,70	1,74	1,74	-	0,392	0,140€	0,252€	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 12:00	1	12	TA	50,00%	2,60	3,07	1,76	1,76	-	0,445	0,189€	0,256€	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 13:00	1	13	TA	55,00%	2,86	3,37	1,61	1,61	-	0,490	0,256€	0,233€	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 14:00	1	14	TA	46,00%	2,39	2,82	0,90	0,90	-	0,410	0,279€	0,131€	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 15:00	1	15	TA	39,00%	2,03	2,39	0,66	0,66	-	0,347	0,252€	0,095€	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 16:00	1	16	TA	38,00%	1,98	2,33	0,30	0,30	-	0,338	0,295€	0,044€	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 17:00	1	17	TA	40,00%	2,08	2,45	-	-	-	0,356	0,356€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 18:00	1	18	TA	60,00%	3,12	3,68	-	-	-	0,534	0,534€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 19:00	1	19	TA	72,00%	3,74	4,42	-	-	-	0,641	0,641€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 20:00	1	20	TA	74,00%	3,85	4,54	-	-	-	0,659	2,535€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 21:00	1	21	TA	62,00%	3,22	3,80	-	-	-	0,552	1,780€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 22:00	1	22	TA	53,00%	2,76	3,25	-	-	-	0,472	1,300€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
1-1-18 23:00	1	23	TA	36,00%	1,98	2,33	-	-	-	0,338	0,669€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
2-1-18 0:00	2	0	TA	32,00%	1,66	1,96	-	-	-	0,285	0,474€	-	-	1,328€	0,975€	0,015€	0,90	3	1	1
2-1-18 1:00	2	1	TA	20,00%	1,04	1,23	-	-	-	0,178	0,185€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
2-1-18 2:00	2	2	TA	18,00%	0,94	1,10	-	-	-	0,160	0,150€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
2-1-18 3:00	2	3	TA	16,00%	0,83	0,98	-	-	-	0,142	0,119€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
2-1-18 4:00	2	4	TA	17,00%	0,88	1,04	-	-	-	0,151	0,134€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
2-1-18 5:00	2	5	TA	18,00%	0,94	1,10	-	-	-	0,160	0,150€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
2-1-18 6:00	2	6	TA	23,00%	1,20	1,41	-	-	-	0,205	0,245€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
2-1-18 7:00	2	7	TA	36,00%	1,87	2,21	-	-	-	0,320	0,600€	-	-	-	-	-	-	0	0	0
2-1-18 8:00	2	8	TA	46,00%	2,39	2,82	0,17	0,17	-	0,410	0,312€	0,024€	-	-	-	-	-	0	0	0
2-1-18 9:00	2	9	TA	47,00%	2,44	2,88	0,76	0,76	-	0,418	0,705€	0,110€	-	-	-	-	-	0	0	0
2-1-18 10:00	2	10	TA	48,00%	2,50	2,94	1,84	1,84	-	0,427	0,281€	0,267€	-	-	-	-	-	0	0	0
2-1-18 11:00	2	11	TA	44,00%	2,29	2,70	4,52	2,70	1,83	0,392	0,161€	0,392€	0,118€	-	-	-	-	1	1	1
2-1-18 12:00	2	12	TA	50,00%	2,60	3,07	7,65	3,07	4,58	0,445	0,208€	0,445€	0,297€	-	-	-	-	1	1	1
2-1-18 13:00	2	13	TA	55,00%	2,86	3,37	6,12	3,37	2,75	0,490	0,490€	0,490€	0,178€	-	-	-	-	0	0	0
2-1-18 14:00	2	14	TA	46,00%	2,39	2,82	0,87	0,87	-	0,410	0,625€	0,126€	-	-	-	-	-	0	0	0
2-1-18 15:00	2	15	TA	39,00%	2,03	2,39	0,22	0,22	-	0,347	0,628€	0,032€	-	-	-	-	-	0	0	0
2-1-18 16:00	2	16	TA	38,00%	1,98	2,33	0,08	0,08	-	0,338	0,642€	0,011€	-	-	-	-	-	0	0	0

Figura VII 5. Pestanya de "Calculs"

## **Annex VIII. Pressupost model**

A la Figura VIII 1 i a la Figura VIII 2 es pot veure el pressupost model per calcular els costos de la instal·lació.

<b>1</b>	<b>INGINYERIA</b>				
		Elaboració del projecte, direcció d'obra, replanteig i coordinació d'activitats empresarials. Realització d'estudi de consums, càlculs de producció solar, dimensionament d'equips, descripció tècnica, esquema unifilar, gestió de compres i direcció facultativa. Inclou legalització i tràmits amb companyia elèctrica			
1.1			1000	1	1000
				Subtotal	1000
<b>2</b>	<b>COBERTES</b>				
		Línia d'ancoratge horitzontal permanent, de cable d'acer, sense amortidor de caigudes, de 18 m de longitud, classe C, composta per 2 ancoratges terminals d'aliatge d'alumini L-2653 amb tractament tèrmic T6; 3 ancoratges intermedis d'aliatge d'alumini L-2653 amb tractament tèrmic T6; cable flexible d'acer galvanitzat, de 10 mm de diàmetre, compost per 7 cordons de 19 fils; 4 pals d'acer inoxidable AISI 316, amb placa d'ancoratge; tensor de caixa oberta; conjunt d'un subjectables i un terminal manual; protector per a cap; placa de senyalització i conjunt de dos precintes de seguretat. Tot fixat en estructura horitzontal segons plànols de detall. Inclou la perforació i reparació de la coberta afectada en els 4 punts de fixació. Inclou les proves de càrrega, control de qualitat i certificació del sistema segons normativa sectorial específica. El suport de les columnes de línia de vida es faran amb soldadura a biga existent, executades per soldador homologat i assajades a posteriori segons control de qualitat.			
2.1	UTS		312,55	1	312,55
2.2	UTS	Subministrament i col·locació de suports circulars de formigó dediàmetre 160 mm de 3 cm d'alçària per a suport de safates d'instal·lacions	4,04	100	404
				Subtotal	716,55
<b>3</b>	<b>GESTIÓ DE RESIDUS</b>				
		Classificació a peu d'obra de residus de la construcció en residus inerts, no especials i especials amb mitjans manuals	14,02	1	14,02
3.1					
3.2		Transport de residus a centre de reciclatge, a monodipòsit, a abocador específic o a centre de recollida i transferència, amb contenidor	8	1	8
				Subtotal	22,02
<b>4</b>	<b>ELECTRICITAT</b>				
<b>4.1</b>	<b>QUADRES ELÈCTRICS</b>				
		Quadre interconnexió fotovoltaica segons esquema unifilar, cablejat, bornes, barres, premsaestopes, elements de fixació i senyalització de mecanismes. Amb un 30% d'espai de reserva. Inclouen els elements indicats en la descomposició d'aquesta partida.	971,29	1	971,29
4.1.1					
4.1.2		Interconnexió de camps FV. Connexió dels entre el camp de moduls FV existents i el projectat. La connexió es realitza en el quadre de proteccions existent situat en la sala de comptadors al costat del comptador d'energia fotovoltaica, mitjançant uns bornes de connexió i substituint el cablejat entre el quadre existent i el comptador.	41,13	1	41,13
4.1.3		Connexió a xarxa interna BT. Substitució dels cables i fusibles aigües avall del comptador elèctric fotovoltaic fins a connexió a quadre general.	25,8	1	25,8
4.1.4		Inversor trifàsic per a instal·lació fotovoltaica amb connexió a xarxa. Inclou estructura de suport. Instal·lació en exterior.	1750	1	1750
				Subtotal	2788,22
<b>4.2</b>	<b>CABLEJAT ELÈCTRIC</b>				
		Línia elèctrica formada per cables de designació UNE RZ1-K 0.6/1 kV muntatge en tub o safata, amb part proporcional de accessoris i petit material. 4x10+10mm2 Temp. màxima del conductor: 90°C Temp. màxima en curtcircuit: 250°C (màxima 5 s). Temp. mínima de servei: -40°C (P - 15)	8,13	1	8,13
4.2.1					
4.2.2		Línia elèctrica formada per cables de designació UNE RZ1-K 0.6/1 kV muntatge en tub o safata, amb parte proporcional de accessoris i petit material. 4x35+16mm2 Temp. màxima del conductor: 90°C Temp. màxima en curtcircuit: 250°C (màxim 5 s). Temp. mínima de servei: -40°C (P - 16)	24,76	1	24,76
4.2.3		Cable de designació ZZ-F 0.6/1kV AC 1,8kV DC muntatge en tub o safata, amb parte proporcional de accessoris i petit material. 2x6mm2 Indicat per a la connexió entre moduls fotovoltaics al quadre elèctric i desde quadre elèctric a inversor. Para instalar a la intemperie. Temp. màxima del conductor: 120°C. Temp. màxima en curtcircuit: 250°C (màxim 5 s). Temp. mínima de servei: -40°C (P - 17)	1,55	1	1,55
4.2.4		Cable de designació ZZ-F 0.6/1kV AC 1,8kV DC muntatge en tub o safata, amb parte proporcional de accessoris i petit material. 2x16mm2 Indicat per a la connexió entre moduls fotovoltaics al quadre elèctric i desde quadre elèctric a inversor. Para instalar a la intemperie. Temp. màxima del conductor: 120°C. Temp. màxima en curtcircuit: 250°C (màxim 5 s). Temp. mínima de servei: -40°C (P - 18)	2,42	1	2,42
4.2.5		Safata metàl·lica tipus malla de varillas electrosoldades galvanitzat en calent (EN ISO 1461, indicat per a instal·lacions exteriors), amb vora de seguretat per a la conducció de cablejat elèctric. Inclou tapa, unions, soports i accessoris de distribució de cablejat. Trasejada amb un cable de terra de 16mm2. Dimensions: 100x35mm (P - 12)	21,3	1	21,3
4.2.6		Safata metàl·lica tipus malla de varillas electrosoldades galvanitzat en calent (EN ISO 1461, indicat per a instal·lacions exteriors), amb vora de seguretat per a la conducció de cablejat elèctric. Inclou tapa, unions, soports i accessoris de distribució de cablejat. Trasejada amb un cable de terra de 16mm2. Dimensions: 150x35mm (P - 13)	23,89	1	23,89
4.2.7		Tub metal·lic d'acer galvanitzat o plàstic lliure d'halògens no propagador de la flama, muntatge superficial. D50 (P - 14)	6,65	1	6,65
				Subtotal	88,7

Figura VIII 1. Pressupost (I)

4.3		MÒDULS FOTOVOLTAICS		
		Conjunt de mòduls fotovoltaics flexibles formant camp de captació sobre coberta plana, material de base del mòdul compatible amb el sistema d'impermeabilització de la coberta. Inclòs cables de connexió i elements o sistema de subjecció a la coberta. Les plaques aniran amb adhesiu incorporat per a la subjecció a la coberta, aquest adhesiu serà compatible amb l'acabat de la coberta. Garantia del conjunt de 25 anys a comptar des de la finalització de la instal·lació.		
4.3.1			3184,95	1
				Subtotal
				3184,95
5		OPCIONALS		
5.1		Bateria	215,02	0
				Subtotal
				0
SUBTOTAL				7800,44
Base impositiva. IVA (21%)				1638,0924
TOTAL				9438,5324

Figura VIII 2. Pressupost model (II)

## **Annex IX. Fitxes tècniques dels elements que s'han utilitzat en el bloc tipus**



## ptimum *nueva gama*



Módulo solar fotovoltaico (144 ½ Mono PERC 7")  
**A-XXXM GS 144 HM7 9BB (10BB) (520/530/540/550 W)**

- **Optimice sus instalaciones.**
- **Alta eficiencia** del módulo y potencia de salida estable, basado en una tecnología de proceso innovadora.
- **Funcionamiento eléctrico excepcional** en condiciones de alta temperatura o baja irradiación.
- Facilidad de instalación gracias a un **diseño de ingeniería innovador.**
- **Riguroso control de calidad** que cumple con los más altos estándares internacionales.
- **Garantía, 10 años** contra defectos de fabricación y **25 años** en rendimiento.



**A-xxxM GS 144 HM7 9BB (SS)** (xxx = potencia nominal)

Características eléctricas	A-520M GS 144	A-530M GS 144	A-540M GS 144	A-550M GS 144
Potencia Máxima (Pmax)	520 W	530 W	540 W	550 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	40.44 V	40.54 V	40.71 V	40.83 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	12.86 A	13.08 A	13.27 A	13.48 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	49.10 V	49.26 V	49.42 V	49.60 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	13.57 A	13.71 A	13.85 A	14.04 A
Eficiencia del Módulo (%)	20.12	20.51	20.89	21.28
Clasificación de Potencia (W)	0/+5			
Máxima Serie de Fusibles (A)	25			
Máxima Tensión del Sistema (IEC)	DC 1.500V			
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	45±2			

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m<sup>2</sup>, espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.  
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±2% (Voc, Vmp); ±4% (Isc, Imp).  
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

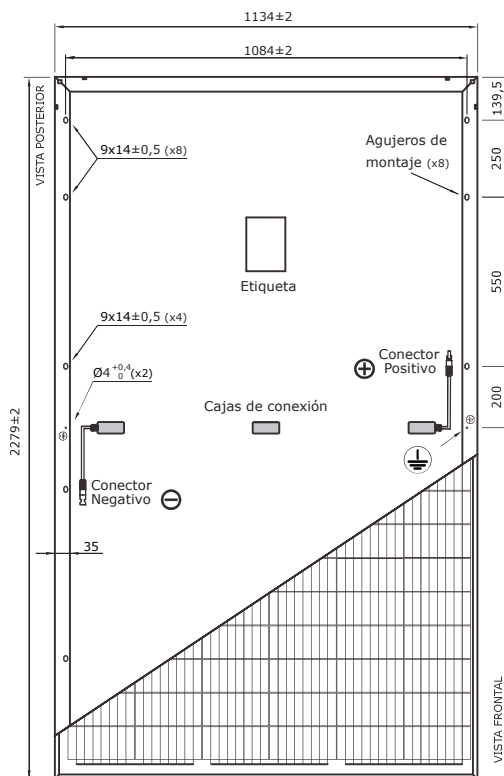
**Especificaciones mecánicas**

Dimensiones (± 2.0 mm.)	2279x1134x35 mm.
Peso (± 0.5 kg)	28.9 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa
Máx. impacto granizo (diámetro/velocidad)	25 mm / 23 m/s

**Materiales de construcción**

Cubierta frontal (material/tipo/espesor) (*)	Cristal templado / grado PV / 3.2 mm
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	144 células (6x24) / Mono PERC 9BB (10BB) / 182x91 mm
mm Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado/plata
Caja de conexiones (protección/nº diodos)	IP68 / 3 diodos
Cable (longitud/sección) / Connector	1.400 mm. / 4 mm <sup>2</sup> / Compatible MC4

(\*) Con capa anti-reflectante

**Vista genérica construcción módulo**

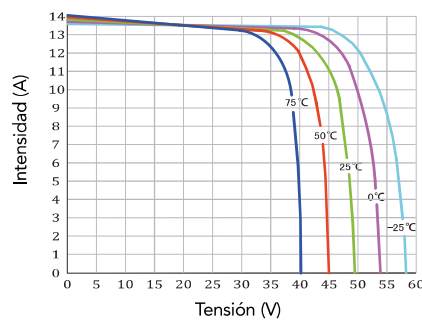
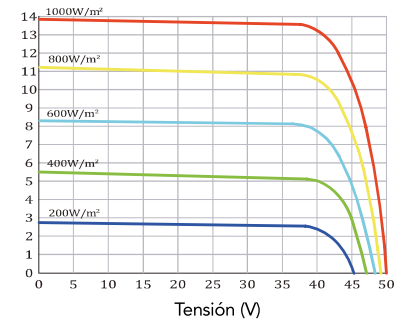
El dibujo no está a escala

**Características de temperatura**

Coef. Temp. de Isc (TK Isc)	0.048 % /°C
Coef. Temp. de Voc (TK Voc)	-0.28 % /°C
Coef. Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.35 % /°C
Reducción eficiencia (200W/m <sup>2</sup> 25°C)	3.5 ±2 %
Temperatura de Funcionamiento	-40 to +85 °C

**Embalaje**

Módulos/palé	31 pzas
Palés/contenedor 40' HQ	20 palés
Módulos/contenedor 40' HQ	620 pzas

**Temperatura Varía (A-540M GS 144 HM7)****Irradiación Varía (A-540M GS 144 HM7)**

NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

www.ateresa.com • atersa@elecnor.com  
Madrid (España) +34 915 178 452 • Valencia (España) +34 961 038 430

Revisado: 03/05/21  
Ref.: MU-M6M 6x24 M7 9BB GS (SS)-C  
© Ateresa SL, 2019







Smart  
connections.

Data sheet

PIKO IQ 3.0-10

# IQ

# PIKO IQ: our power pack – flexible, communicative and practical

## Flexible in use

2 MPP trackers suited to the layout of almost all roofs

Extended MPP range – perfect for repowering

Available in six power classes – perfect for every home

## Smart connected

Smart Communication Board – future proof, new functions can be added via the integrated Web Application

Display, data logger, system monitoring, network and control interfaces integrated as standard, WLAN Ready via external USB WLAN adapter<sup>1)</sup>

Free Solar Portal for monitoring the PV system

EEBus and Sunspec for Smart Home integration

## Smart performance

Fast, self-learning shadow management – adapts individually to the installation site

Dynamic active power control and 24-hour home-consumption measurement<sup>2)</sup>

## Easy to install

Simple device configuration using commissioning wizard

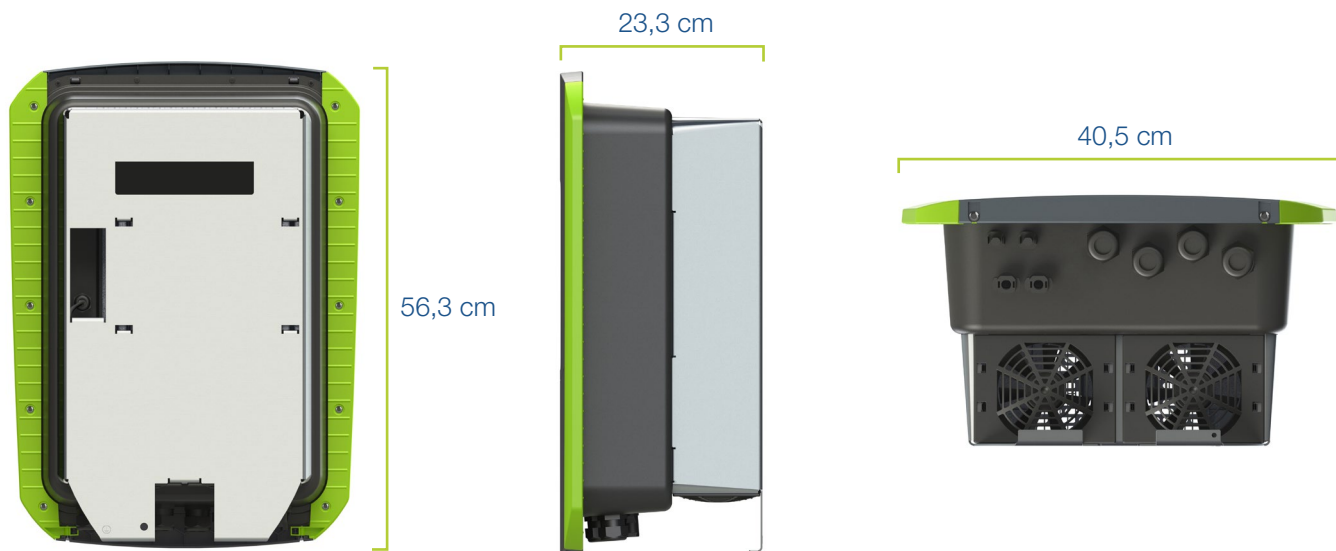
Safe installation due to clearly arranged, separate terminal compartment and protected power electronics

Compatible with RCD type A

Auto update and remote support<sup>1)</sup>



# PIKO IQ: compact and rapidly deployable



<sup>1)</sup> Available later on via software update

<sup>2)</sup> KOSTAL Smart Energy Meter required



		3.0	4.2	5.5	7.0	8.5	10	
System data	Power class							
	Topology: Without galvanic isolation – transformerless				✓			
	Protection class according to IEC 60529				IP 65			
	Protective class according to IEC 62103				I			
	Overvoltage category according to IEC 60664-1, input side (PV generator)				II			
	Overvoltage category according to IEC 60664-1, output side (grid connection)				III			
	Degree of contamination				4			
	Environmental category (outdoor installation)				✓			
	Environmental category (indoor installation)				✓			
	UV resistance				✓			
	AC cable diameter (min-max)	mm				8...17		
	AC cable cross-section (min-max)	mm <sup>2</sup>		1.5...6		2.5...6	4...6	
	DC cable cross-section (min-max)	mm <sup>2</sup>				2,5...6		
	Max. fuse protection on output side					B16/C16	B25/C25	
	Internal operator protection according to EN 62109-2 (compatible with RCD type A from FW 01.14)					✓		
	Independent disconnection device according to VDE 0126-1-1					✓		
	Height/width/depth	mm (in)				563/405/233 (22.17/15.94/9.17)		
	Weight	kg (lb)		17.9 (39.46)			19.9 (43.87)	
	Cooling principle – regulated fans					✓		
	Max. air throughput	m <sup>3</sup> /h				184		
Noise emission (typical)	dB(A)				39			
Ambient temperature	°C (°F)				-20...60 (-4...140)			
Max. installation altitude above sea level	m (ft)				2000 (6562)			
Relative humidity	%				4...100			
Connection technology, DC side					SUNCLIX plug			
Connection technology, AC side					Spring-type terminal strip			
Interfaces	Ethernet LAN (RJ45)				1			
	Connection of energy meter for collecting energy data (Modbus RTU)				1			
	Digital inputs (e.g. for digital ripple control receiver)				4			
	USB 2.0				1			
	Potential-free contact for self-consumption control				1			
	Webserver (user interface)					✓		
Warranty <sup>1)</sup>	Years				5 (2)			
Optional warranty extension for (years)					5/10/15			
Directives/Certification <sup>2)</sup>		CE, GS, CEI 0-21, CEI10/11, EN 62109-1, EN 62109-2, EN 60529, EN 50438*, EN 50549-1*, ENA/EEA, G98, G99, IFS2018, IEC 61727, IEC 62116, RD 1699, RFG, TOR Erzeuger, UNE 206006 IN, UNE 206007-1 IN, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VJV2018						

Subject to technical changes. Errors excepted. You can find current information at [www.kostal-solar-electric.com](http://www.kostal-solar-electric.com). Manufacturer: KOSTAL Industrie Elektrik GmbH, Hagen, Germany

<sup>1)</sup> 5-year warranty only after registration in the KOSTAL Solar online shop

<sup>2)</sup> Does not apply to all national annexes

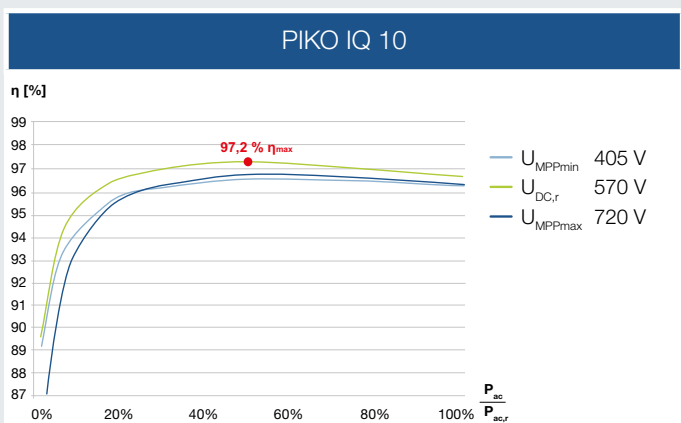
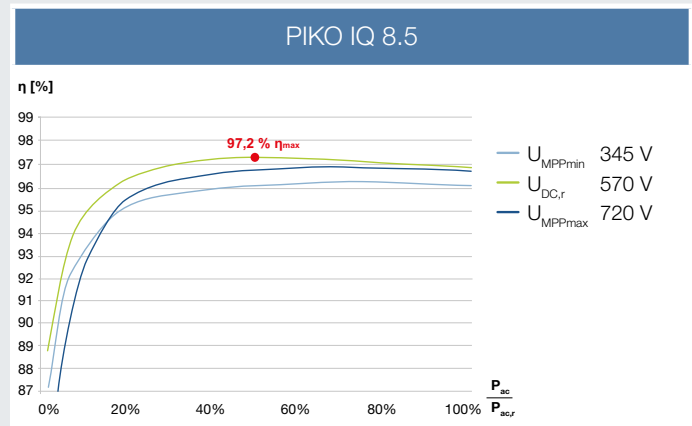
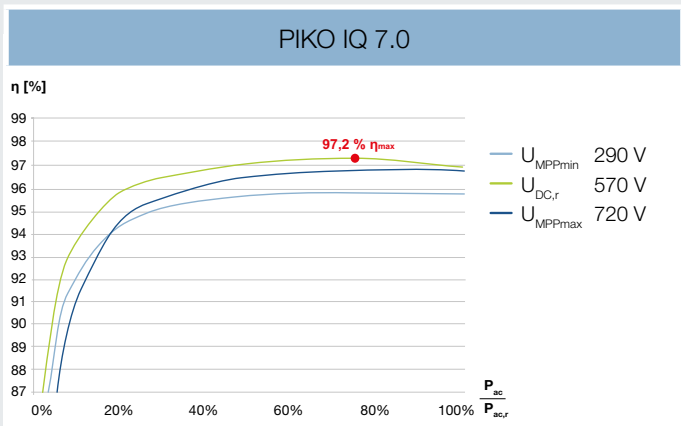
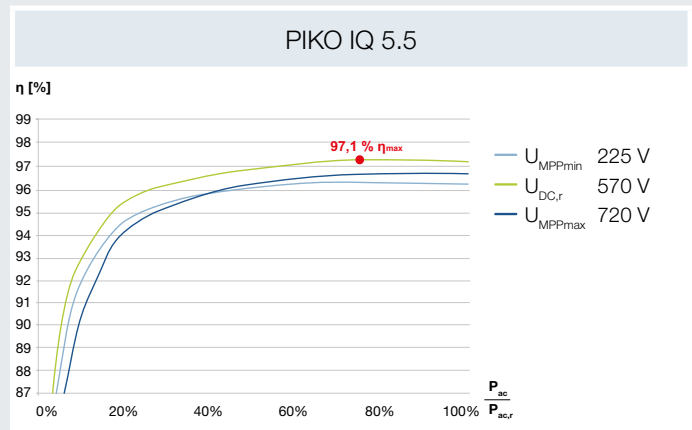
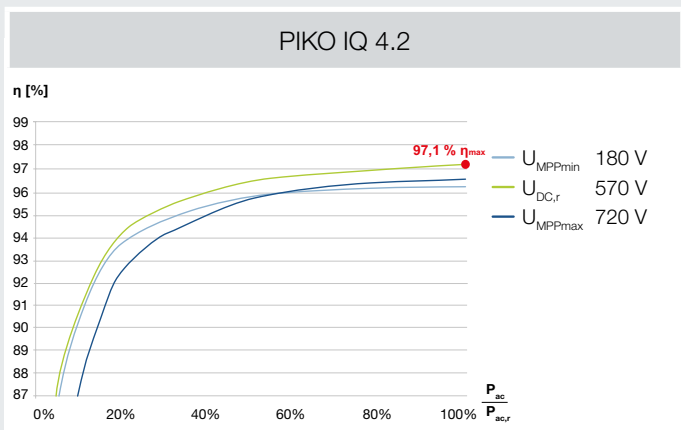
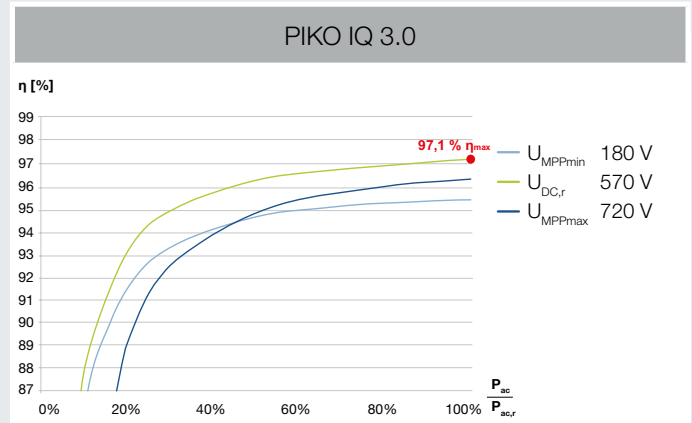
<sup>3)</sup> MPP range of 120 V...180 V (with limited current of 9.5-13 A). MPP range of 680 V...720 V (with limited current of 11 A). Detailed layout can be seen in KOSTAL (PIKO) Solar Plan.

<sup>4)</sup> UK G83/2 and G98-1 settings: The maximum output current is limited to 16 A @ rated AC grid voltage.

# PIKO IQ available in 6 power classes



- 3.0
- 4.2
- 5.5
- 7.0
- 8.5
- 10



## Services for our products

FAQs:  
[kostal-solar-electric.com/Service\\_Support](http://kostal-solar-electric.com/Service_Support)

Product registration, warranty extension or purchase of accessories: [shop.kostal-solar-electric.com](http://shop.kostal-solar-electric.com)

Get in touch: [service-solar@kostal.com](mailto:service-solar@kostal.com)

# KOSTAL

KOSTAL Solar Electric GmbH  
Hanferstr. 6  
79108 Freiburg i. Br.  
Deutschland  
Telefon: +49 761 47744 - 100  
Fax: +49 761 47744 - 111

KOSTAL Solar Electric Ibérica S.L.  
Edificio abm  
Ronda Narciso Monturiol y Estarriol, 3 Torre  
B, despachos 2 y 3  
Parque Tecnológico de Valencia  
46980 Valencia  
España  
Teléfono: +34 961 824 - 934  
Fax: +34 961 824 - 931

KOSTAL Solar Electric France SARL  
11, rue Jacques Cartier  
78280 Guyancourt  
France  
Téléphone: +33 1 61 38 - 4117  
Fax: +33 1 61 38 - 3940

KOSTAL Solar Electric Hellas E.Π.Ε.  
47 Steliou Kazantzidi st., P.O. Box: 60080 1st  
building – 2nd entrance  
55535, Pilea, Thessaloniki  
Ελλάδα  
Τηλέφωνο: +30 2310 477 - 550  
Φαξ: +30 2310 477 - 551

KOSTAL Solar Electric Italia Srl  
Via Genova, 57  
10098 Rivoli (TO)  
Italia  
Telefono: +39 011 97 82 - 420  
Fax: +39 011 97 82 - 432

[www.kostal-solar-electric.com](http://www.kostal-solar-electric.com)

Baterías industriales / Network Power

Classic Solar

«Potente almacenamiento de energía  
para sistemas  
de energías renovables»



## Baterías industriales

### La potente gama de estacionario

Soluciones de almacenamiento de energía para sistemas esenciales que requieren de un suministro energético ininterrumpido. GNB Industrial Power ofrece potentes baterías personalizadas para cada necesidad. La tabla que se muestra a continuación solo es indicativa y depende de las aplicaciones específicas de cada cliente. Para obtener más información consulte con un comercial de GNB.

Aplicaciones	Gamas de baterías																			
	Sonnenschein							Marathon		Sprinter			Absolyte	Powerfit	Classic					
	A400/A600	A400 FT	A500	A700	SOLAR	RAIL	Power Cycle	M - FT	M/L/ XL	S	P/XP	XP - FT	GP/GX	S300	GRoE	OCSM	OPzS	Energy Bloc/OGi	Solar	Rail
Telecomunic. 	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●			●	●	●		
SAI 		●	●	●			●	●	●	●	●	●	●			●		●		
Alumbrado de emergencia 	●		●					●		●	●		●	●			●	●		
Seguridad 	●		●	●						●	●		●	●		●	●			
Servicios públicos 	●	●		●			●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●		
Ferroviario 	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●			●		●		●
Fotovoltaicas 					●		●					●	●						●	
Universal 	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●		

### Resumen de las marcas de GNB estacionario



- > Baterías VRLA (Válvula Regulada de plomo ácido) en las que el electrolito se fija en un separador de fibra de vidrio micro-absorbente (AGM)
- > Excelente resistencia a la alta tensión
- > Muy económicas
- > Sin mantenimiento (sin relleno)



- > Baterías VRLA (Válvula Regulada de plomo ácido) en las que el electrolito se fija en gel (dryfit technology).
- > Creadores de la tecnología Gel
- > Altísima fiabilidad, incluso en condiciones no ideales
- > Particularmente adecuada para aplicaciones cíclicas
- > Sin mantenimiento (sin relleno)



- > Baterías convencionales de plomo ácido con líquido electrolito
- > Fiabilidad total, probada durante décadas
- > Bajo mantenimiento



> Puede encontrar más información sobre los servicios que se ofrecen en la página 10.



## Classic OPzS Solar

### Almacenamiento de energía para aplicaciones energéticas destacadas

La gama Classic OPzS Solar ha sido sobradamente probada durante décadas en aplicaciones energéticas medianas y grandes. Su resistencia, larga vida útil y elevada seguridad de funcionamiento hacen que sea ideal para el uso en centrales eléctricas eólicas y solares, telecomunicaciones, empresas de distribución de electricidad, ferrocarriles y muchos otros equipos de seguridad de suministro de energía. La amplia gama de capacidades y tamaños disponibles ofrecen una solución para cada necesidad energética, incluso en condiciones extremas.

#### Ventajas:

- > **Diseño optimizado para aplicaciones con energías renovables.** Mayor capacidad de ciclo y larga vida útil.
- > **Aleación especial y amplia reserva de electrolito.** Intervalos entre relleno muy largos.
- > **Bajo mantenimiento.** Ahorro de costes
- > **Completamente reciclable.** Minimiza la huella de CO<sub>2</sub>

#### Características:

- > Capacidad nominal (C<sub>120</sub> a 25°C): 70.0 – 4600Ah
- > Placa tubular muy gruesa para las aplicaciones más exigentes.
- > Hasta 2800 ciclos a un 60% de profundidad de descarga (C<sub>10</sub>) con un perfil de carga IU a 20°C.  
Para mejorar el rendimiento y para sistemas ≥ 48V recomendamos carga IUI para alcanzar más de 3000 ciclos.
- > Diseñada de conformidad con IEC 61427 y IEC 60896-11
- > Conectores atornillados para un mejor contacto y fiabilidad
- > También disponible en el modelo de carga en seco con electrolito separado.
- > Receptáculos de alta calidad transparentes o translúcidos para un fácil mantenimiento.



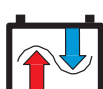
Capacidad nominal  
70.0 - 4600 Ah



Batería monoblock/  
Elemento único



Placa tubular



Hasta 3000\*+  
ciclos a 60% de  
profundidad de  
descarga



Reciclable



Bajo  
mantenimiento

\*Usando carga IUI a 20 °C

## Classic OPzS Solar

### Datos técnicos

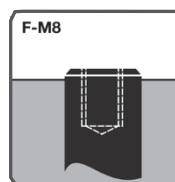
#### Datos y características técnicas

Tipo	Número de componente	Tensión nominal V	Capacidad nominal C <sub>120</sub> 1.85 V <sub>pc</sub> 25 °C Ah	Longitud (l) max. mm	Anchura (b/w) max. mm	Altura* (h) max. mm	Longitud instalada max. mm	Peso con ácido incluido Kg (aprox.)	Peso del ácido** Kg (aprox.)	Resistencia interna mOhm	Corriente cortocircuito A	Terminal	Núm. de polos
OPzS Solar 190	NVSL020190WC0FA	2	190	105	208	395	115	13.7	5.20	1.45	1400	F-M8	1
OPzS Solar 245	NVSL020245WC0FA	2	245	105	208	395	115	15.2	5.00	1.05	1950	F-M8	1
OPzS Solar 305	NVSL020305WC0FA	2	305	105	208	395	115	16.6	4.60	0.83	2450	F-M8	1
OPzS Solar 380	NVSL020380WC0FA	2	380	126	208	395	136	20.0	5.80	0.72	2850	F-M8	1
OPzS Solar 450	NVSL020450WC0FA	2	450	147	208	395	157	23.3	6.90	0.63	3250	F-M8	1
OPzS Solar 550	NVSL020550WC0FA	2	550	126	208	511	136	26.7	8.10	0.63	3250	F-M8	1
OPzS Solar 660	NVSL020660WC0FA	2	660	147	208	511	157	31.0	9.30	0.56	3650	F-M8	1
OPzS Solar 765	NVSL020765WC0FA	2	765	168	208	511	178	35.4	10.8	0.50	4100	F-M8	1
OPzS Solar 985	NVSL020985WC0FA	2	985	147	208	686	157	43.9	13.0	0.47	4350	F-M8	1
OPzS Solar 1080	NVSL021080WC0FA	2	1080	147	208	686	157	47.2	12.8	0.43	4800	F-M8	1
OPzS Solar 1320	NVSL021320WC0FA	2	1320	212	193	686	222	59.9	17.1	0.30	6800	F-M8	2
OPzS Solar 1410	NVSL021410WC0FA	2	1410	212	193	686	222	63.4	16.8	0.27	7500	F-M8	2
OPzS Solar 1650	NVSL021650WC0FA	2	1650	212	235	686	222	73.2	21.7	0.26	7900	F-M8	2
OPzS Solar 1990	NVSL021990WC0FA	2	1990	212	277	686	222	86.4	26.1	0.23	8900	F-M8	2
OPzS Solar 2350	NVSL022350WC0FA	2	2350	212	277	836	222	108	33.7	0.24	8500	F-M8	2
OPzS Solar 2500	NVSL022500WC0FA	2	2500	212	277	836	222	114	32.7	0.22	9300	F-M8	2
OPzS Solar 3100	NVSL023100WC0FA	2	3100	215	400	812	225	151	50.0	0.16	12800	F-M8	3
OPzS Solar 3350	NVSL023350WC0FA	2	3350	215	400	812	225	158	48.0	0.14	14600	F-M8	3
OPzS Solar 3850	NVSL023850WC0FA	2	3850	215	490	812	225	184	60.0	0.12	17000	F-M8	4
OPzS Solar 4100	NVSL024100WC0FA	2	4100	215	490	812	225	191	58.0	0.11	17800	F-M8	4
OPzS Solar 4600	NVSL024600WC0FA	2	4600	215	580	812	225	217	71.0	0.11	18600	F-M8	4
6V 4 OPzS 200	NVSL060280WC0FB	6	294	272	206	347	282	41.0	13.0	2.68	2283	F-M8	1
6V 5 OPzS 250	NVSL060350WC0FB	6	364	380	206	347	392	56.0	20.0	2.39	2800	F-M8	1
6V 6 OPzS 300	NVSL060420WC0FB	6	417	380	206	347	392	63.0	20.0	1.96	3106	F-M8	1
12V 1 OPzS 50	NVSL120070WC0FB	12	82.7	272	206	347	282	35.0	15.0	18.1	688	F-M8	1
12V 2 OPzS 100	NVSL120140WC0FB	12	139	272	206	347	282	45.0	14.0	9.26	1314	F-M8	1
12V 3 OPzS 150	NVSL120210WC0FB	12	210	380	206	347	392	64.0	19.0	6.46	1884	F-M8	1

Tipo	C <sub>6</sub> 1.75 V <sub>pc</sub>	C <sub>10</sub> 1.80 V <sub>pc</sub>	C <sub>12</sub> 1.80 V <sub>pc</sub>	C <sub>24</sub> 1.80 V <sub>pc</sub>	C <sub>48</sub> 1.80 V <sub>pc</sub>	C <sub>72</sub> 1.80 V <sub>pc</sub>	C <sub>100</sub> 1.85 V <sub>pc</sub>	C <sub>120</sub> 1.85 V <sub>pc</sub>	C <sub>240</sub> 1.85 V <sub>pc</sub>
OPzS Solar 190	122	132	134	145	165	175	185	190	200
OPzS Solar 245	159	173	176	190	215	230	240	245	260
OPzS Solar 305	203	220	224	240	270	285	300	305	320
OPzS Solar 380	250	273	277	300	330	350	370	380	400
OPzS Solar 450	296	325	330	355	395	420	440	450	470
OPzS Solar 550	353	391	398	430	480	515	540	550	580
OPzS Solar 660	422	469	477	515	575	615	645	660	695
OPzS Solar 765	492	546	555	600	670	710	750	765	805
OPzS Solar 985	606	700	710	770	860	920	970	985	1035
OPzS Solar 1080	669	773	784	845	940	1000	1055	1080	1100
OPzS Solar 1320	820	937	950	1030	1150	1230	1295	1320	1385
OPzS Solar 1410	888	1009	1024	1105	1225	1305	1380	1410	1440
OPzS Solar 1650	1024	1174	1190	1290	1440	1540	1620	1650	1730
OPzS Solar 1990	1218	1411	1430	1550	1730	1850	1950	1990	2090
OPzS Solar 2350	1573	1751	1770	1910	2090	2200	2300	2350	2470
OPzS Solar 2500	1667	1854	1875	2015	2215	2335	2445	2500	2600
OPzS Solar 3100	2080	2318	2343	2520	2755	2910	3040	3100	3250
OPzS Solar 3350	2268	2524	2550	2740	2985	3135	3280	3350	3520
OPzS Solar 3850	2592	2884	2915	3135	3430	3615	3765	3850	4040
OPzS Solar 4100	2775	3090	3125	3355	3650	3840	4000	4100	4300
OPzS Solar 4600	3099	3451	3490	3765	4100	4300	4500	4600	4850
6V 4 OPzS 200	203	206	229	250	296	304	287	294	338
6V 5 OPzS 250	245	257	284	311	374	383	355	364	424
6V 6 OPzS 300	284	309	322	354	420	432	408	417	482
12V 1 OPzS 50	55.0	51.5	63.7	69.4	78.4	79.8	81.0	82.7	92.9
12V 2 OPzS 100	95.4	103	108	118	141	145	136	139	162
12V 3 OPzS 150	131	154	162	177	206	217	203	210	234

\* Incluye conector instalado. La altura mencionada puede variar dependiendo de las aperturas utilizadas  
 \*\* Densidad del ácido d<sub>N</sub> = 1.24 kg/l

#### Terminal y par de apriete



12 Nm para monoblocs;  
 20 Nm para elementos

Los datos también son válidos para el modelo de carga en seco.

Habrà que cambiar la «W» (Wet) por «D» (Dry) en el número de componente. Ej:

> Relleno y cargado: NVSL120070 W C0FB

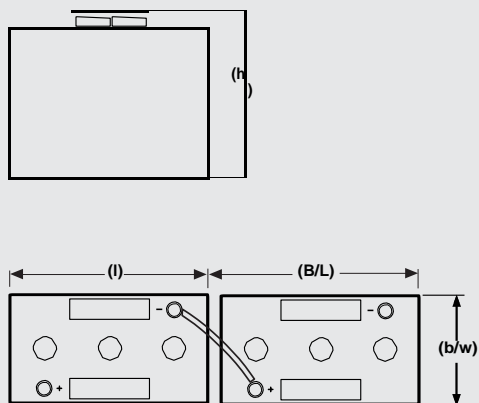
> Cargado en seco: NVSL120070 D C0FB

## Classic OPzS Solar

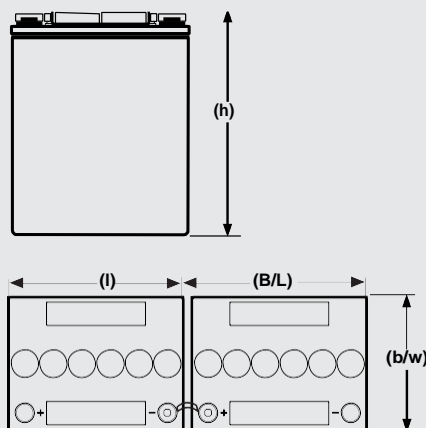
### Diseños

#### Diseños con disposición del terminal

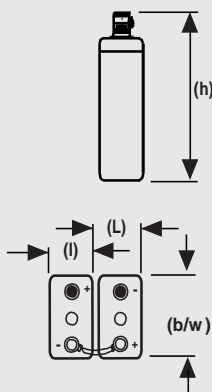
##### Monoblocs de 6 V



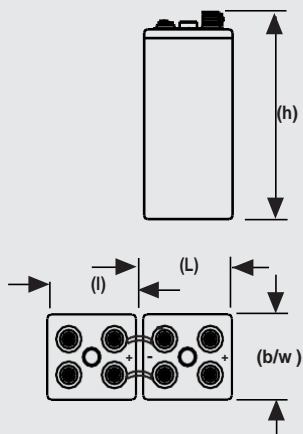
##### Monoblocs de 12 V



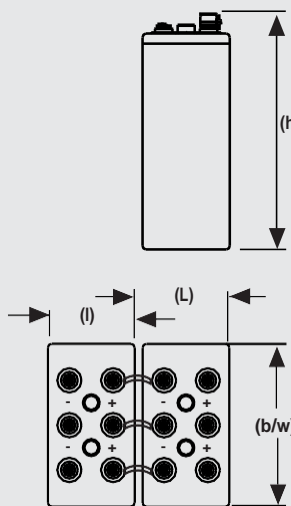
##### OPzS Solar 190 – OPzS Solar 1080



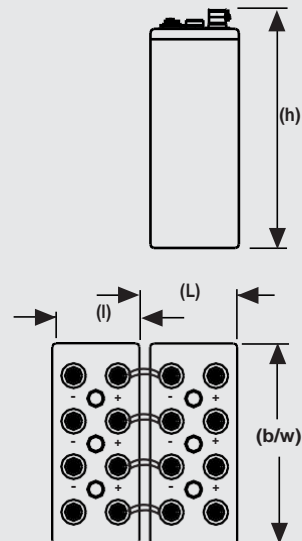
##### OPzS Solar 1320 – OPzS Solar 2500



##### OPzS Solar 3100 – OPzS Solar 3350



##### OPzS Solar 3850 – OPzS Solar 4600



Los diseños no están a escala