

Emmagatzematge d'energia elèctrica

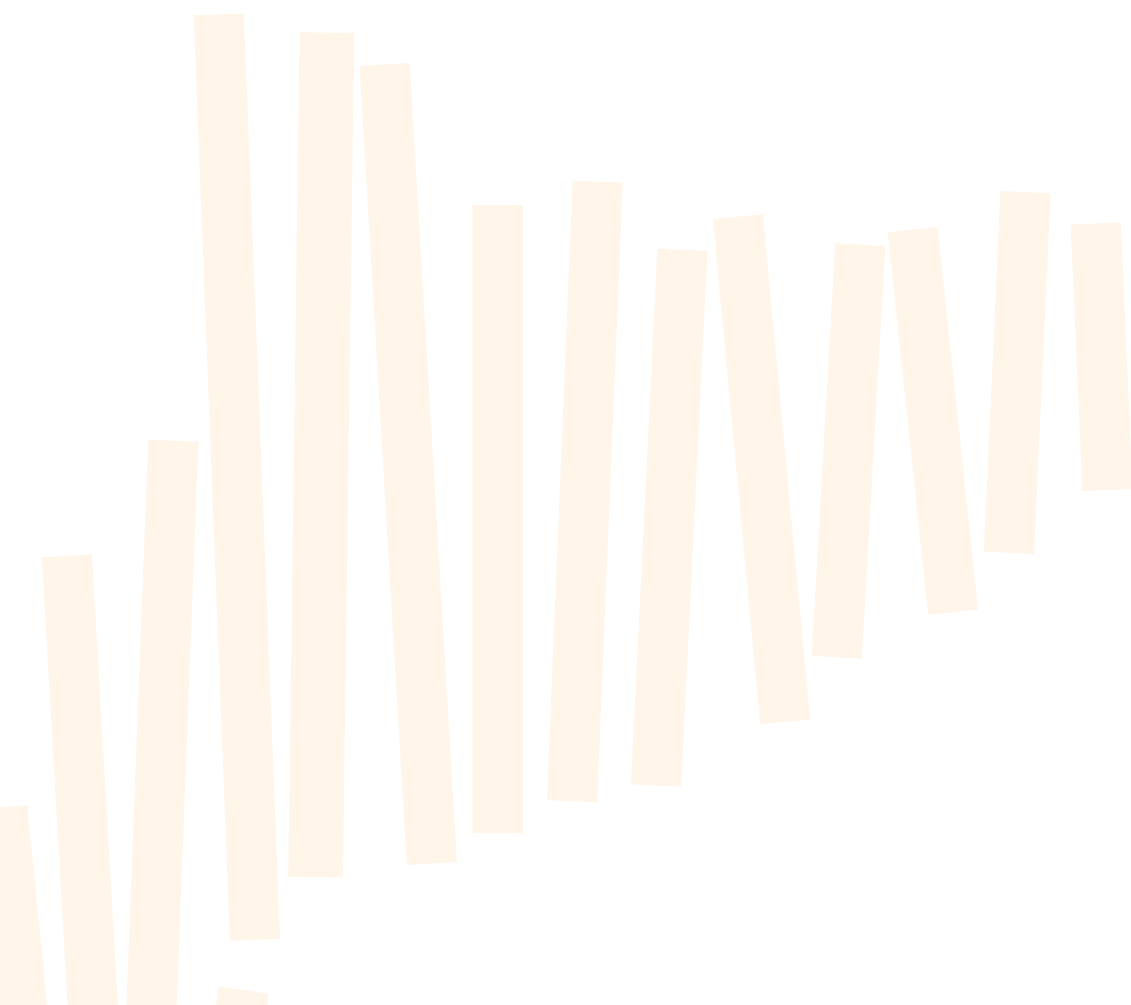
Una oportunitat per a les Comunitats Energètiques



Associació
Catalana
de Municipis



Fundació
Municipalista
d'Impuls Territorial



**Estudi encarregat per la Fundació Municipalista d'Impuls
Territorial (ACM) a Knowledge and Growth S.L.**

Any de publicació: 2025



L'Associació Catalana de Municipis (ACM) , en base a la subvenció rebuda del *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de l'IDAE – Next Generation EU* va crear l'Oficina de Transformació Comunitària (OTC-FMIT) l'any 2023.

Aquest estudi és un encàrrec de l'OTC-FMIT a KNOWLEDGE AND GROWTH S.L.

Edició: maig 2025

Autoria: KNOWLEDGE AND GROWTH S.L.

Índex

0. Introducció	2
1. Objecte de l'estudi	4
2. Comunitats energètiques i emmagatzematge en el nou context energètic	6
• 2.1 Comunitats energètiques	6
• 2.2 Cap a un nou context energètic	6
• 2.3 Comunitats energètiques i emmagatzematge d'energia	6
3. Opcions d'emmagatzematge d'energia	9
4. Evolució tecnològica de les bateries i perspectives	11
• 4.1 Una mica d'història. Les bateries als segles XIX i XX	12
• 4.2 Principi de funcionament de les bateries	12
• 4.3 Prestacions i característiques de les bateries	13
• 4.4 Evolució tecnològica de les bateries	16
• 4.1.1 <i>Tecnologies rellevants per AC</i>	16
5. Descripció dels elements d'una instal·lació fotovoltaica amb emmagatzematge	19
• 5.1 Els elements de les instal·lacions	20
• 5.1.1 <i>Elements més importants</i>	21
6. Configuracions d'instal·lacions ESS	32
• 6.1 Classificació	33
• 6.2 Configuracions d'emmagatzematge hibridat amb generació elèctrica	33
7. Normativa amb relació als sistemes d'emmagatzematge en l'autoconsum col·lectiu	38
• 7.1 Marc normatiu dels sistemes d'emmagatzematge	38
• 7.1.1 <i>Marc normatiu dels sistemes d'emmagatzematge</i>	38
• 7.2 Autoconsum col·lectiu	39
• 7.2.1 <i>Autoconsum col·lectiu</i>	39
• 7.3 Comprar electricitat des d'una instal·lació d'autoconsum amb emmagatzematge	40
• 7.4 Emmagatzematge col·lectiu vs individual.....	40

8. Impulsar un sistema d'autoconsum col·lectiu amb emmagatzematge ... 42

- 8.1 Criteri general per la incorporació de l'emmagatzematge 43
- 8.2 Criteris per al dimensionament de les instal·lacions 44
 - 8.2.1 *Dimensionament de potència fotovoltaica* 44
 - 8.2.2 *Dimensionat de capacitat d'emmagatzematge* 46
- 8.3 Models de negoci 50
- 8.4 Anàlisi de la viabilitat econòmica 52
- 8.5 Finançament del projecte 58
 - 8.5.1 *Subvencions* 59
 - 8.5.2 *Fons propis* 60
- 8.6 Determinació de preus del servei 62
- 8.7 Requeriments específics dels emplaçaments per a sistemes d'emmagatzematge 65
- 8.8 Tramitacions tècnico-administratives 65
- 8.9 Incorporació de sistemes d'emmagatzematge en instal·lacions d'autoconsum fotovoltaic ja existents 66
- 8.10 Captació de persones sòcies o usuàries 67
- 8.11 Elecció i contractació del sistema d'informació i operació 67
- 8.12 Procés de licitació de l'execució de les obres 68

9. Un cas pràctic: el Mercat de la Sínia de Sant Pere de Ribes 69

- 9.1 El cas de Sant Pere de Ribes 70
- 9.2 Dades de la instal·lació fotovoltaica mercat de la sínia 72
- 9.3 Configuració del sistema 73
- 9.4 Estat actual 73
 - 9.4.1 *Legalització* 73
- 9.5 Escenaris d'estudi 75
- 9.6 Anàlisi de les corbes de consum 76
 - 9.6.1 *Edificis municipals* 76
- 9.7 Escenari d'estudi 1: La Vinya d'en Petaca 77
 - 9.7.1 *Repartiment de l'energia lliurada a la ciutadania* 77
- 9.8 Excedents de la ciutadania 80
 - 9.8.1 *Estalvis* 80

• 9.9 Escenari d'estudi 2: tres edificis municipals amb consums complementaris	83
• 9.9.1 Cobertura consum ajuntament	84
• 9.9.2 Estalvis	85
• 9.9.3 Comparativa de resultats amb assignació de bateria segons escenaris	86
• 9.9.4 Resum escenari 2	87
• 9.10 Comparació escenari 1 vs escenari 2	88
• 9.11 Supòsits generals	88
10. Guia resum	90
11. Bibliografia	92

Índex de Figures

• Figura 1.	Esquema explicatiu sobre el funcionament d'una bateria d'ió liti durant la seva descàrrega i la seva càrrega	13
• Figura 2.	Densitat energètica de diferents tipus de bateria. Font The BESS Book ..	14
• Figura 3.	Gràfic vida útil de les bateries a partir de la DoD	14
• Figura 4.	Reducció de costos de cel·les i packs de bateries. Font Bloomberg/VF	15
• Figura 5.	Bateria d'ió Sodi de Northvolt (Suècia). Font: Northvolt.....	16
• Figura 6.	Bateria d'estat sòlid de LionVolt (Països Baixos). Font: Vilaweb	16
• Figura 7.	Bateria de flux (vanadi redox) de mida domèstica de 10kW/40kWh (75% eficiència). Font: Chivet	18
• Figura 8.	Bateria de segona vida de BeePlanet. Font: El Periódico de la Energía	18
• Figura 9.	Opció 1: Diagrama de blocs d'una instal·lació fotovoltaica amb bateries amb inversor híbrid	20
• Figura 10.	Opció 2: Diagrama de blocs d'una instal·lació de fotovoltaica amb bateries composta de dos inversors	21
• Figura 11.	Esquema de paràmetres de control i de gestió dels sistemes	31
• Figura 12.	Exemple de bateries (BTM) amb connexió a xarxa elèctrica. Instal·lació descentralitzada	34
• Figura 13.	Configuració AC coupling amb inversor carregador.	35
• Figura 14.	Sistema DC-Coupled amb inversor híbrid	35
• Figura 15.	Consideracions importants per la selecció de la bateria. Font: IRENA	47
• Figura 16.	Pla de viabilitat econòmica projecte A	54
• Figura 17.	Pla de viabilitat econòmica projecte B	55
• Figura 18.	Pla de viabilitat econòmica sistema amb subvenció	56
• Figura 19.	Pla de viabilitat econòmica amb reducció de costos	57
• Figura 20.	Gràfics d'anàlisi de sensibilitat simulació 1	63
• Figura 21.	Gràfics d'anàlisi de sensibilitat simulació 2	64
• Figura 22.	No retribució d'excedents	64
• Figura 23.	Excedents retribuïts	64
• Figura 24.	Gràfic de repartiments de potències del total de les instal·lacions	71
• Figura 25.	Esquema de la instal·lació del Mercat de la Sinia	73
• Figura 26.	Mapa autoconsum compartit Consell Comarcal d'Osona	75
• Figura 27.	Gràfic de cobertura de consum de l'edifici de la Vinya d'en Petaca	77
• Figura 28.	Cobertura de consum de la ciutadania amb el 100% de la bateria	78
• Figura 29.	Distribució segons procedència del consum del ciutadà per trimestres	79
• Figura 30.	Excedents i autoconsum per trimestres	80
• Figura 31.	Excedent i autoconsum amb bateries respecte al consum de la ciutadania	84

Índex de Taules

• Taula 1.	Classificació segons European Association for Storage of Energy (EASE)	23
• Taula 2.	Característiques de les bateries d'estat sòlid	17
• Taula 3.	Taula resum elements d'una instal·lació fotovoltaica amb bateries	22
• Taula 4.	Característiques d'inversors híbrids	23
• Taula 5.	Característiques d'inversors carregadors	25
• Taula 6.	Característiques de bateries	27
• Taula 7.	Taula comparativa alguns EMS comercials	29
• Taula 8.	Comparació de sistemes AC o DC coupling	36
• Taula 9.	Criteris de dimensionament i Cb recomenats	46
• Taula 10.	Taula de predimensionat de capacitat de bateria segons generació/consum. Elaboració pròpia	48
• Taula 11.	Taula de coeficients K	49
• Taula 12.	Taula resum instal·lació fotovoltaica de referència	52
• Taula 13.	Taula resum sistema d'emmagatzematge de referència	53
• Taula 14.	Taula resum de viabilitat econòmica de diferents instal·lacions	58
• Taula 15.	Taula resum de quotes socials de diferents instal·lacions	62
• Taula 16.	Instal·lacions de Sant Pere de Ribes	70
• Taula 17.	Característiques de la instal·lació del Mercat de la Sinia	72
• Taula 18.	Repartiment previst del Mercat de la Sinia	74
• Taula 19.	Taula resum escenari 1	76
• Taula 20.	Taula resum escenari 2	76
• Taula 21.	Repartiments escenari 1	77
• Taula 22.	Resum Estalvis ciutadania	81
• Taula 23.	Resum ciutadania per cada consumidor	81
• Taula 24.	Resum estalvi ajuntament escenari 1	82
• Taula 25.	Resum escenari 1	82
• Taula 26.	Repartiment escenari 2	83
• Taula 27.	Taula estalvi ciutadania escenari 2	85
• Taula 28.	Estalvi ajuntament escenari 2	85
• Taula 29.	Comparativa escenaris ciutadania	86
• Taula 30.	Comparativa escenaris ajuntament	86
• Taula 31.	Taula resum escenari 2	87
• Taula 32.	Comparació escenaris	88
• Taula 33.	Taula supòsits amb totes les instal·lacions	89

Glossari

1. **AC** – Corrent altern
2. **API** – Interfície de Programació d'Aplicacions (Application Programming Interface)
3. **BESS** – Sistema d'Emmagatzematge d'Energia amb Bateria (Battery Energy Storage System)
4. **BMS** – Sistema de Gestió de Bateria (Battery Management System)
5. **BTM** – Sistemes d'emmagatzematge a petita escala connectats darrere del comptador (Behind-the-Meter)
6. **CAE** – Certificat d'Actuacions d'Estalvi Energètic
7. **Cb** – Cobertura bruta anual (quocient Generació FV / Consum total anual)
8. **CCE** – Comunitats Ciutadanes d'Energia
9. **CCEE** – Comunitats Energètiques
10. **CE** – Comunitat Energètica
11. **CE Implementa** – Programa de subvencions de l'IDAE per a comunitats energètiques
12. **CER** – Comunitats d'Energies Renovables
13. **Cn** – Cobertura neta (autoconsum net després de descomptar excedents)
14. **Crowdlending** – Finançament col·lectiu mitjançant préstecs (no participatiu)
15. **DC** – Corrent continu
16. **DoD** – Profunditat de Descàrrega (Depth of Discharge)
17. **EMS** – Sistema de Gestió d'Energia (Energy Management System)
18. **ESS** – Sistema d'Emmagatzematge d'Energia (Energy Storage System)
19. **FTM** – Bateria connectada abans del comptador (Front of the Meter)
20. **FV** – Fotovoltaica
21. **ICF** – Institut Català de Finances
22. **IDAE** – Institut per a la Diversificació i Estalvi de l'Energia



0.

Introducció

Introducció

La transició cap a la neutralitat climàtica implica una profunda transformació del sistema energètic, que es basarà principalment en recursos renovables. No obstant això, la naturalesa variable d'algunes d'aquestes fonts, com la solar i l'eòlica, fa que sigui imprescindible disposar de mecanismes de flexibilitat, entre els quals l'emmagatzematge energètic és fonamental.

El Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima 2021-2030 (PNIEC) preveu l'emmagatzematge com una eina clau per donar suport al creixement de la generació renovable i per a la gestió de les xarxes elèctriques, fomentant la participació ciutadana i una major integració en el mercat. L'Estratègia Nacional d'Emmagatzematge Energètic analitza les alternatives tècniques, els reptes actuals i les línies d'acció per complir amb els objectius, destacant les oportunitats que l'emmagatzematge suposa per al sistema i per al país.

Existeix una àmplia gamma de tecnologies d'emmagatzematge, complementàries entre si, amb aplicacions tant en el sector elèctric (per a l'electrificació de l'economia) com en els usos finals, com l'emmagatzematge d'energia tèrmica. El marc regulador europeu s'està adaptant per integrar l'emmagatzematge a gran escala i darrere del comptador, tot i que encara cal més regulació per a nous agents com les comunitats energètiques (CCEE) i la seva participació en els mecanismes de mercat.

L'emmagatzematge genera noves oportunitats de negoci al llarg de tota la cadena de valor, la qual cosa és un impuls per a les Comunitats Energètiques (CEE) per aconseguir un lideratge en la transició energètica. Aquests nous nínxols inclouen aplicacions en la mobilitat elèctrica, l'edificació (autoconsum elèctric i energia tèrmica), el sector industrial (autoconsum amb emmagatzematge, descarbonització de processos), i altres sectors a través de l'autoconsum. La recerca, el desenvolupament i la innovació (R+D+I) són essencials per accelerar el desplegament i el lideratge tecnològic en energies renovables.

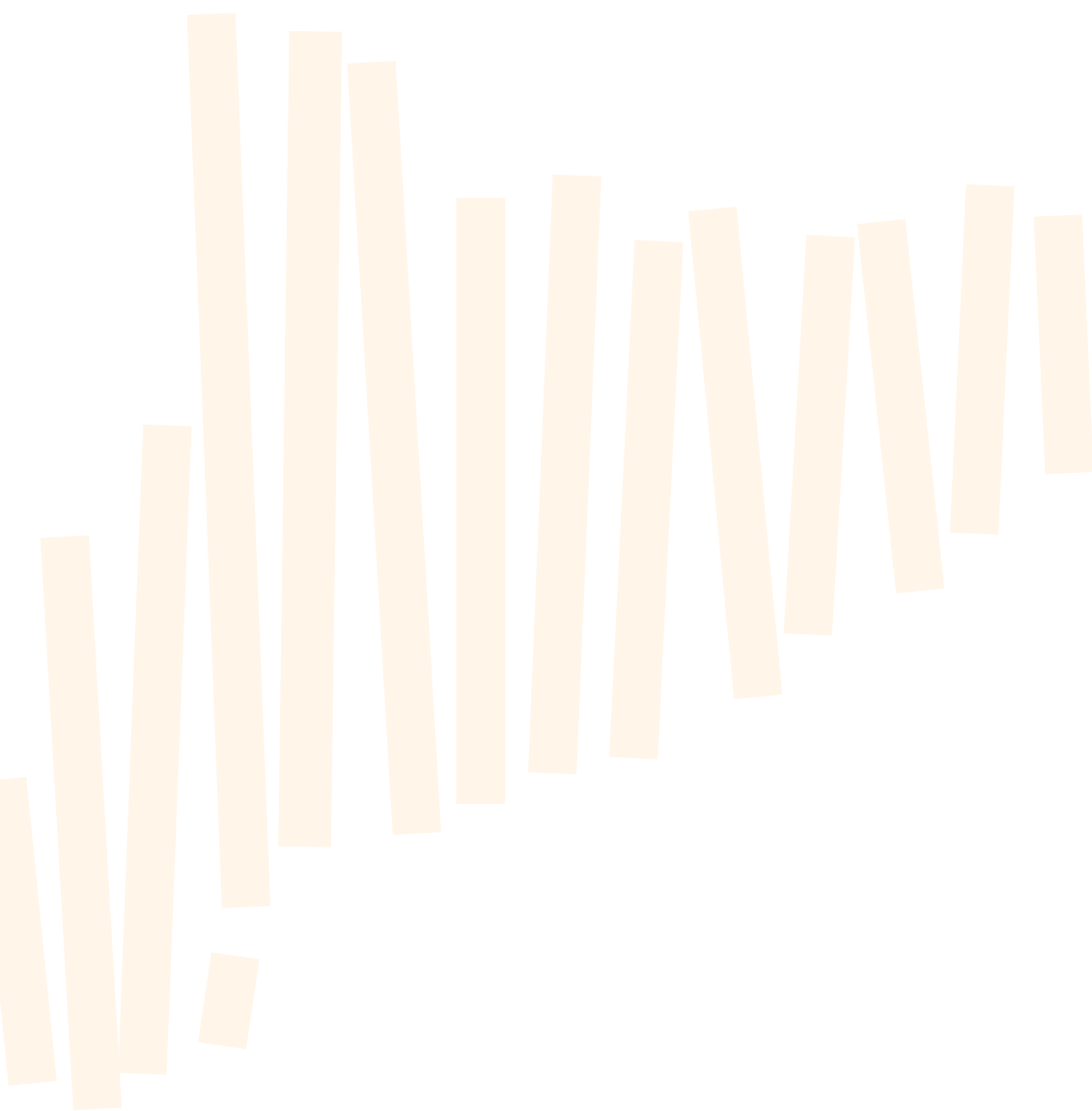
El canvi de paradigma energètic situa la ciutadania al centre, i l'emmagatzematge crea un context propici per a la participació ciutadana, la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle i la millora ambiental. El desplegament d'aquestes tecnologies es farà amb un enfocament integral de sostenibilitat, analitzant i minimitzant els impactes ambientals i la petjada de carboni al llarg de tot el cicle de vida.

El sistema energètic tradicional, centralitzat i basat en centrals gestionables, es transformarà en un sistema descentralitzat i flexible que integrarà les fonts renovables, les quals, per la seva variabilitat, requereixen sistemes que gestionin els desajustos entre generació i demanda. L'emmagatzematge és un repte futur per a la descarbonització total, ja que permet guardar l'energia durant els períodes de superàvit i utilitzar-la en moments de dèficit.

Nota important. L'apagada general elèctrica del passat 28 d'abril (2025) a tota la península Ibèrica va esdevenir-se just durant l'etapa de revisió general del present estudi. En el moment d'escriure aquesta nota encara no se n'han determinat les causes; moltes veus, molt sovint interessades, han clamat contra les re-

novables com a causants de l'incident. Però l'avenç de la transició energètica, que ha de ser irreversible, no podrà seguir avançant sense la implementació intensiva de l'emmagatzematge a diferents nivells, escales i tecnologies. Actualment, sobretot amb bateries i més endavant amb altres vectors com l'hidrogen o combustibles verds. Els acumuladors, en proporcions adequades, han de ser els millors estabilitzadors de la xarxa, ja que, de forma instantània, poden actuar alternativament com a generadors o com a consumidors, segons convingui.

L'apagada ha fet veure a molta gent la necessitat d'augmentar l'autonomia energètica i reduir la dependència de la xarxa. Sens dubte, aquesta experiència ajudarà moltes comunitats a convèncer-se, i convèncer el seu entorn, de la necessitat d'iniciar l'aposta decidida per l'emmagatzematge i la gestió energètica intel·ligent.





1.

Objecte de l'estudi



Objecte de l'estudi

L'objectiu principal d'aquest estudi és facilitar la presa de decisions a les comunitats energètiques (CE) sobre la incorporació de sistemes d'emmagatzematge d'energia en els seus projectes de generació fotovoltaica per a autoconsum compartit. L'estudi pretén aplanar les dificultats que puguin sorgir, oferint una base conceptual, la normativa aplicable i coneixements pràctics.

Els continguts aborden tant els aspectes tècnics i de dimensionament com els relacionats amb les autoritzacions i la viabilitat econòmica, financera, jurídica i social. L'objectiu és proporcionar pautes clares per al desenvolupament i la promoció de projectes, així com per a la presa de decisions contínua.

Cal destacar que no es tracta d'un manual tècnic per a enginyeries i instal·ladores, sinó una guia pràctica per a comunitats energètiques, que pot ajudar els professionals acompanyants a comprendre millor i acompanyar-les en el seu paper de clients potencials. L'estudi pressuposa que el lector ja té coneixements generals sobre l'autoconsum col·lectiu convencional sense emmagatzematge.

Finalment, cal remarcar que el present document constitueix un resum del treball complet, el qual es pot consultar per aprofundir en els detalls tècnics i els exemples pràctics que aquí només es presenten de forma sintètica.



2.

**Comunitats energètiques
i emmagatzematge en el
nou context energètic**



2. Comunitats energètiques i emmagatzematge en el nou context energètic

2.1 Comunitats energètiques

El sorgiment de les comunitats energètiques (CE) representa un pas clau cap a un model energètic més sostenible, descentralitzat i participatiu. Tot i la diversitat de formats, totes comparteixen una base comuna: la col·laboració local per generar, gestionar i consumir energia renovable amb finalitats socials, ambientals i econòmiques, més que lucratives.

Les directives europees estableixen dos marcs principals:

- Les Comunitats d'Energies Renovables (CER), orientades a projectes locals basats en renovables, amb participació oberta, control local i objectiu de benefici col·lectiu.
- Les Comunitats Ciutadanes d'Energia (CCE), centrades en l'electricitat i en l'empoderament dels ciutadans dins el mercat energètic, també amb participació voluntària i sense ànim de lucre.

En conjunt, les CE es defineixen com iniciatives locals autònomes que poden generar, emmagatzemar, consumir i gestionar energia, i que tenen el repte d'ampliar la seva acció més enllà de l'autoconsum fotovoltaic, integrant noves tecnologies i models de gestió per maximitzar el seu impacte ambiental, econòmic i social.

2.2 Cap a un nou context energètic

El sistema elèctric tradicional es basava en adaptar la generació a la demanda per mantenir l'estabilitat de la xarxa, amb reserves d'energia en combustibles o embassaments. Amb la transició energètica i l'augment de les fonts renovables intermitents, aquest model evoluciona cap a un sistema més flexible, digital i electrificat.

Això implica incorporar sistemes d'emmagatzematge i gestió intel·ligent per garantir la disponibilitat, promoure la flexibilització de la demanda, millorar l'eficiència i l'estalvi, i fomentar el paper actiu dels prosumidors.

Tot plegat requerirà noves bases de potència per estabilitzar la xarxa (bateries, combustibles verds) i l'ús de l'hidrogen verd com a vector clau per a l'emmagatzematge i el transport d'energia.

2.3 Comunitats energètiques i emmagatzematge d'energia

La incorporació de bateries en instal·lacions d'autoconsum col·lectiu aporta un gran valor estratègic i pràctic per a les comunitats energètiques, ja que amplia la cobertura de l'autoconsum més enllà de les hores solars, redueix excedents i prepara per a un futur mercat de flexibilització de la demanda.

Tot i que les bateries no generen més energia, permeten disposar-ne quan no hi ha producció solar o eòlica, millorant l'autonomia i l'eficiència del sistema. El seu principal desavantatge és el cost elevat, que encara fa necessaris els ajuts públics (com els programes *Next Generation* o *CE Implementa*).

Els costos, però, estan baixant ràpidament mentre les prestacions milloren, i els preus variables del mercat elèctric fan cada cop més rendible l'emmagatzematge.

El mercat actual es divideix en tres escenaris principals:

1. Domèstic (fins a 15 kWh).
2. Comunitari (fins a 500 kWh).
3. Industrial o de generació a mitjana tensió (més de 500 kWh).

Malgrat les ambigüitats normatives i administratives, es preveu una evolució favorable que consolidarà el paper de les bateries com a element clau en la gestió energètica de les comunitats.



3.

Opcions
d'emmagatzematge
d'energia

3. Opcions d'emmagatzematge d'energia

En el sistema energètic tradicional, l'energia s'ha emmagatzemat principalment en combustibles i recursos físics (carbó, gas, petroli o aigua embassada), que permeten generar electricitat o calor quan cal. L'electricitat, en canvi, no s'emmagatzema fàcilment, sinó que es genera i es consumeix gairebé al mateix temps.

En el nou model descarbonitzat, basat en fonts renovables com la solar i l'eòlica, la generació és intermitent i calen sistemes d'emmagatzematge elèctric per garantir el subministrament quan no hi ha producció.

L'emmagatzematge d'energia engloba totes les tecnologies i mètodes que permeten conservar energia per a un ús posterior, des de tecnologies madures (bateries, centrals hidroelèctriques reversibles) fins a solucions emergents (aire comprimit, hidrogen verd o emmagatzematge tèrmic). Aquest conjunt de tecnologies és essencial per estabilitzar la xarxa, optimitzar l'ús de renovables i avançar cap a un sistema energètic net i resiliència.

Classificació de les tecnologies d'emmagatzematge energètic:

Taula 1.
Classificació segons European Association for Storage of Energy (EASE).

Química		Elèctrica		Tèrmica	
Amoníac	Combustibles alternatius	Supercondensadors	Imants superconductors (SMES)	Emmagatzematge de calor latent	Calor sensible
Hidrogen	Metanol	Mecànica		Emmagatzematge termoquímic	Canvi de Fase CO ₂
Combustibles sintètics	Gas natural sintètic	Aire comprimit Adiabàtic	Aire comprimit diabàtic	Electroquímica	
		Aire líquid	Volants d'inèrcia	Bateries Clàssiques	Bateries de flux
		Bombament		Supercondensadors híbrids	

4.

Evolució tecnològica de les bateries i perspectives

4. Evolució tecnològica de les bateries i perspectives

4.1 Una mica d'història. Les bateries als segles XIX i XX

La història de les bateries és una progressió constant d'innovacions, des de les primeres cel·les galvàniques fins als moderns acumuladors d'ions de liti.

- **1800:** Alessandro Volta inventa la pila voltaica.
- **1836:** John Frederic Daniell desenvolupa la cel·la Daniell.
- **1859:** Gaston Planté crea la primera bateria recarregable de plom-àcid, que va ser d'ús generalitzat fins a principis del segle XXI.
- **1866-1899:** S'inventen la pila de zinc-carboni (Leclanché), la primera cèl·lula seca (Gassner), i la bateria recarregable de níquel-cadmi (Jungner).
- **1901:** Thomas Edison inventa la pila alcalina.
- **Dècades de 1960-1980:** Investigacions inicials amb bateries de liti per Gilbert Lewis, Robert Huggins, Carl Wagner, M. Stanley Whittingham, Goodenough i Yoshino, millorant la densitat d'energia.
- **1991:** Sony llança la primera bateria d'ió de liti comercial.
- **Principis dels 2000:** L'escalada dels vehicles elèctrics (VE) amb Tesla accelera el desenvolupament de bateries de nova generació.
- **2020(aproximadament):** El mercat de bateries per a aplicacions estacionàries comença a agafar dinàmica pròpia.
- **2024:** Multiplicació d'inversions industrials en diverses tecnologies i reducció significativa dels preus de les bateries.



4.2 Principi de funcionament de les bateries

Una bateria és un dispositiu electroquímic que transforma l'energia emmagatzemada en una reacció química en energia elèctrica. Si és recarregable, el procés electroquímic és reversible. Els seus components bàsics són:

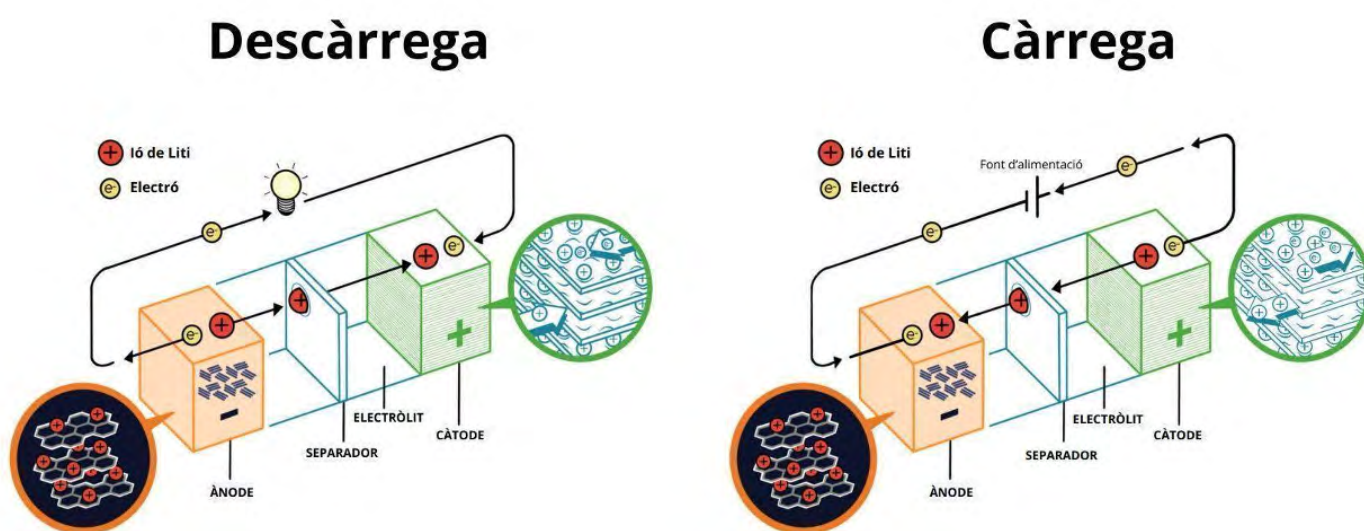
- **Elèctrodes (ànode i càtode):** Materials electroquímicament actius que determinen el voltatge, la capacitat, els cicles de vida i la velocitat de càrrega/descàrrega.
- **Electròlit:** Actua com a "autopista" per als ions, permetent el seu viatge entre ànode i càtode, mentre impedeix el pas dels electrons, que circulen pel circuit extern (consum elèctric). Els electròlits líquids solen ser inflamables.

- **Separador:** Material polimèric porós que s'impregna d'electròlit, permetent el moviment dels ions i evitant el contacte físic entre càtode i ànode, que seria fatal per a la bateria.

Durant la descàrrega, els ions de liti (o material equivalent) viatgen de l'ànode al càtode, i els electrons generen el corrent elèctric.

Figura 1.

Esquema explicatiu sobre el funcionament d'una bateria d'ió liti durant la seva descàrrega i la seva càrrega. Font: IREC, publicat a DivulCat.



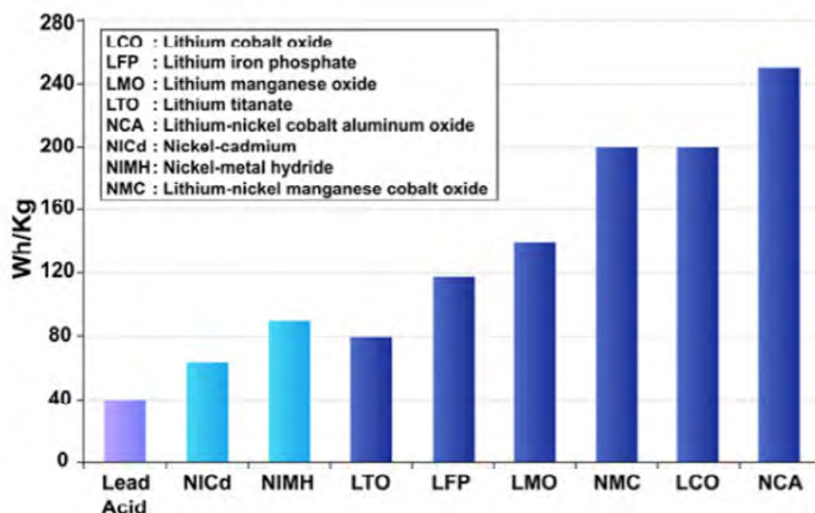
4.3 Prestacions i característiques de les bateries

Diversos paràmetres caracteritzen el rendiment i els avenços tecnològics de les bateries:

- **Capacitat:** Quantitat d'energia emmagatzemable, expressada en Ah o kWh. La capacitat efectiva depèn de la temperatura i el límit de descàrrega.
- **Tensió nominal:** Voltatge d'una cel·la o pack en repòs i carregada.
- **Estat de Càrrega (SoC):** Nivell percentual de càrrega (0-100%).
- **Rang de temperatura ambient:** La capacitat disminueix a baixes temperatures ($< -10^{\circ}\text{C}$) i la degradació s'accelera a altes temperatures ($> 40^{\circ}\text{C}$).
- **Profunditat Màxima de Descàrrega (DoD):** Percentatge màxim de descàrrega admissible pel fabricant (90-95%) o l'operador (80-85%) per allargar la vida útil.
- **Densitat Energètica:** Capacitat per unitat de pes o volum, clau en mobilitat i grans sistemes estacionaris.

Figura 2.

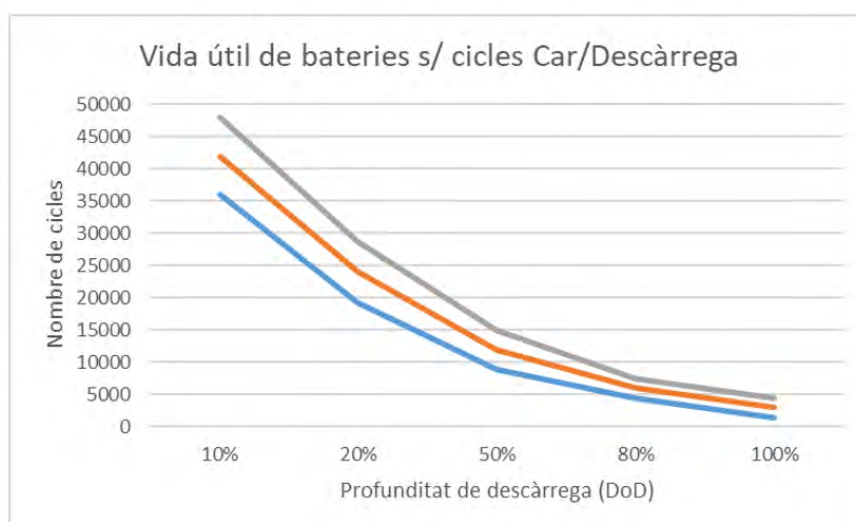
Densitat energètica de diferents tipus de bateria. Font The BESS Book.



- **Vida útil:** Expressada en nombre de cicles Càrrega/Descàrrega (Car/Desc) a una determinada DoD. La bateria es degrada amb el temps, perdent capacitat (final de vida útil entre 70-80% de la capacitat inicial). El BMS monitoritza l'Estat de Salut (SoH). Una vida útil de 10.000 cicles a un cicle diari equival a 27 anys

Figura 3.

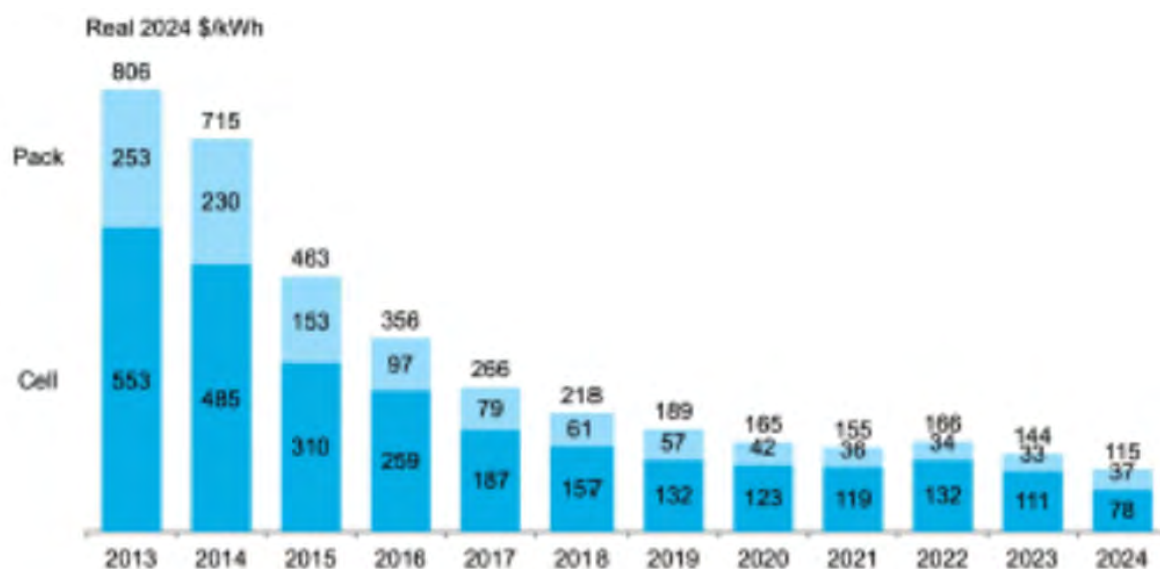
Gràfic vida útil de les bateries a partir de la DoD



- **Rendiment en el cicle de càrrega-descàrrega:** L'energia recuperada sempre és inferior a la carregada a causa de pèrdues internes (escalfament). Varien del 70-85% en bateries tradicionals al 85-95% en les de nova generació.

- **Temps i potència de càrrega i descàrrega:** Lligats a la "C-rate" (fracció de la capacitat que es pot carregar/descarregar en una hora). Per exemple, 0,25C significa càrrega/descàrrega en 4 hores. La potència final està limitada per l'inversor.
- **Seguretat:** Riscos com vessaments de materials tòxics, incendis o explosions.
- **Cost:** Factor clau, depèn de les matèries primeres i la fabricació. Els preus de les bateries d'ions de liti han baixat significativament (115 \$/kWh el 2024, un 57% menys que el 2017). La cel·la representa el 65-70% del cost del pack. El cost de la bateria sol ser el 50% del total d'un sistema BESS (Battery Energy Storage System).

Figura 4.
Reducció de costos de cel·les i packs de bateries. Font Bloomberg/VF



- **Operació i Manteniment (O&M):** Les bateries de nova generació requereixen menys manteniment gràcies al BMS.
- **Battery Management System (BMS):** Mòdul de control que supervisa i protegeix la bateria (mesura corrent, tensió, temperatura, SoC, SoH), equilibra tensions, controla límits de càrrega/descàrrega i comunica dades a un EMS. És generalment propietari.
- **Sostenibilitat:** Preocupacions pel reciclatge (plom-àcid 95-99%, noves 50-60%) i la dependència de materials escassos (cobalt, níquel, liti) amb greus impactes socials, ambientals i geopolítics.

4.4 Evolució tecnològica de les bateries

L'evolució de les bateries –des del plom-àcid fins a les actuals tecnologies de liti– ha estat determinant per al desenvolupament de l'autoconsum. Cada generació ha aportat més densitat energètica, seguretat, durabilitat i reducció de costos.

Actualment, el mercat està dominat per les bateries de liti-fosfat de ferro (LFP), que equilibren cost, seguretat i vida útil. Tot i això, altres tecnologies (plom-àcid, níquel) han tingut un paper històric, mentre que opcions emergents (sodi, estat sòlid, flux o hidrogen) apunten cap al futur.

Per a les comunitats energètiques, entendre aquesta evolució és clau per:

- Escollir la tecnologia més adequada per a l'autoconsum col·lectiu.
- Anticipar tendències que puguin millorar l'eficiència i reduir despeses.
- Interpretar millor les ofertes comercials i prendre decisions informades.

En aquest estudi es presenten les tecnologies més rellevants per a aplicacions estacionàries i d'autoconsum compartit, deixant en segon pla les orientades a la mobilitat elèctrica.

4.1.1 Tecnologies rellevants per AC¹:

- **Liti-fosfat de ferro (LFP):** Estàndard actual en projectes d'AC. Segures, de llarga vida (6.000–10.000 cicles), amb eficiència alta (90–95%) i cost moderat. Compatibles amb la majoria d'inversors i presents en solucions modulars o "tot en un".

¹ Per a una descripció completa de totes les tecnologies i informació addicional, consulteu el document íntegre

LFP Generació	Cicles típics al 80% DoD	Cicles màxims (amb DoD més baix)
LFP (2015-2020)	3.000 - 6.000 cicles	6.000 - 8.000 cicles
LFP actual (2023-2024)	6.000 - 7.500 cicles	10.000 cicles (70% DoD)
LFP de nova generació	7.500 - 10.000 cicles	12.000+ (60% DoD)

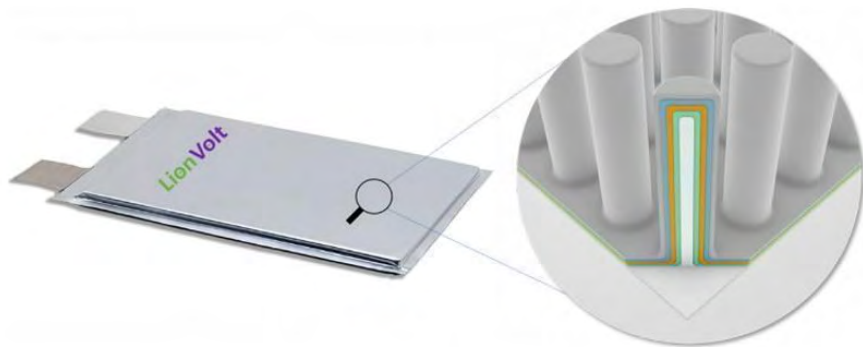
- **Sodi (Na-ion):** Tecnologia emergent que utilitza un recurs abundant i econòmic. Encara amb menys densitat energètica i menys vida útil que les LFP, però amb forta inversió industrial. Es preveu que entre 2027 i 2030 puguin substituir parcialment les LFP en projectes estacionaris.

Figura 5.
Bateria d'ió Sodi de Northvolt (Suècia). Font: Northvolt



- **Bateries d'estat sòlid (SSB):** Encara en fase de desenvolupament. Poden oferir més densitat, seguretat i durada. Opció interessant a mitjà termini, però no disponibles de manera comercial per AC avui.

Figura 6.
Bateria d'estat sòlid de LionVolt (Països Baixos). Font: Vilaweb



Taula 2.
Característiques de les bateries d'estat sòlid

Propietat	Bateries d'ió-liti (LFP/NMC)	Bateries d'estat sòlid (SSB)
Densitat energètica	160-300 Wh/kg	300-500+ Wh/kg
Seguretat	Risc de curtcircuit i incendi	Molt més segura, no inflamable
Cicles de vida	2.000-5.000	5.000-10.000+
Temps de càrrega	30-60 min (avançades)	10-30 min (potencialment)
Temperatura de funcionament	-20 °C a 60 °C	-40 °C a 100 °C
Cost (actual)	80-140 \$/kWh	200-400+ €/kWh (encara molt car)

- **Bateries de flux (vanadi, zinc-brom):** Permeten separar potència i capacitat. Adequades per a instal·lacions molt grans o sistemes de xarxa, no tant per a comunitats petites o mitjanes.

Figura 7.

Bateria de flux (vanadi redox) de mida domèstica de 10kW/40kWh (75% eficiència). Font: Chivet

10kW40kWh VFB			
Rated Voltage	96VDC	Rated Current	105A
Rated Power	10kW	Rated Time	4h
Rated Energy	40kWh	Rated Capacity	420Ah
Rated Energy Efficiency	75%	Maximum Power	20kW
Stack Weight	2*130kg	Stack Size	63*75*35cm
Battery Weight	2.9t	Battery Size	2.0*1.2*2.0m
Electrolyte Weight	2.6t	Electrolyte Volume	2m³
Electrolyte	1.5M V (1V/lit)	Working Temperature	+10~60°C
Charging Voltage Limit	120VDC	Discharging Voltage Limit	80VDC
Cycle Life	20000 times	Storage Life	Limitless



- **Bateries de segona vida:** Reutilització de mòduls de liti procedents de vehicles elèctrics. Opció més econòmica (300–450 €/kWh) i sostenible. Ja disponibles amb garanties comercials (BeePlanet, entre altres).

Figura 8.

Bateria de segona vida de BeePlanet. Font: El Periódico de la Energía



Tendències actuals

1. Bateries de sodi (Na-ion)
2. Bateries de segona vida

Tendències futures

1. Hidrogen verd com a vector energètic
2. Bateries de flux (vanadi, zinc-brom, etc.)
3. Bateries d'estat sòlid

En el context d'autoconsum col·lectiu, la tecnologia més utilitzada actualment és la de bateries LFP (liti-fosfat de ferro), gràcies a la seva seguretat, llarga vida útil i preu cada vegada més competitiu. Són la referència per a comunitats energètiques que volen fiabilitat i escalabilitat.

5.

Descripció dels elements
d'una instal·lació fotovoltaica
amb emmagatzematge

5. Descripció dels elements d'una instal·lació fotovoltaica amb emmagatzematge

5.1 Els elements de les instal·lacions

En aquest capítol es presenten de manera resumida els elements principals d'una instal·lació fotovoltaica amb emmagatzematge, destacant aquells aspectes essencials per al disseny i la comprensió de projectes d'autoconsum compartit. L'objectiu no és oferir una descripció exhaustiva de cadascun dels components, sinó proporcionar una visió general i pràctica, centrant l'atenció en el subsistema d'emmagatzematge i en els paràmetres clau per a la seva caracterització i avaluació.

Per contextualitzar els diferents components, s'inclouen dos diagrames de blocs simplificats que mostren les configuracions més habituals en sistemes fotovoltaics d'autoconsum compartit:

- **Opció 1:** sistema amb inversor híbrid.
- **Opció 2:** sistema amb dos inversors (un de xarxa i un de càrrega per a bateries).

Finalment, cal destacar que aquest capítol constitueix una síntesi; per a aquells lectors que desitgin una anàlisi més detallada amb paràmetres tècnics complets, exemples comercials i desenvolupaments específics, es recomana la consulta del treball complet, del qual aquest document n'és un resum.

Figura 9.
Opció 1: Diagrama de blocs d'una instal·lació fotovoltaica col·lectiva amb bateries amb inversor híbrid.

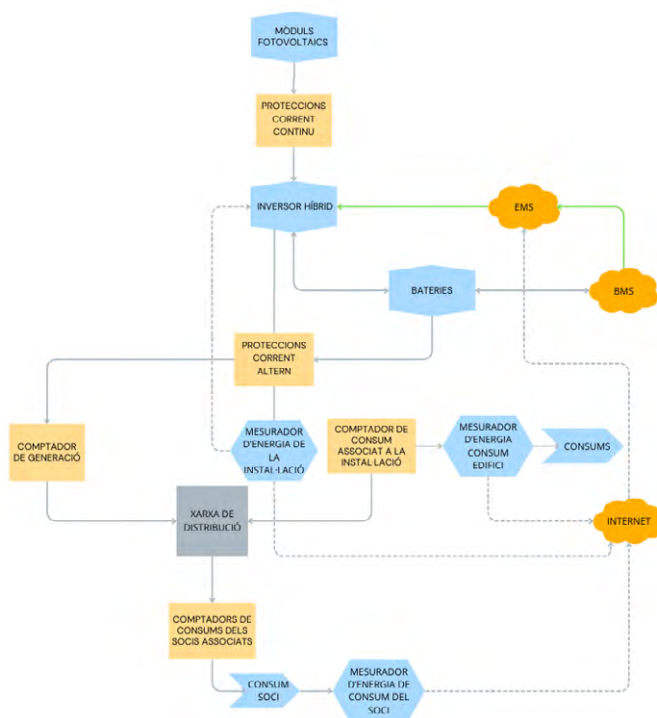
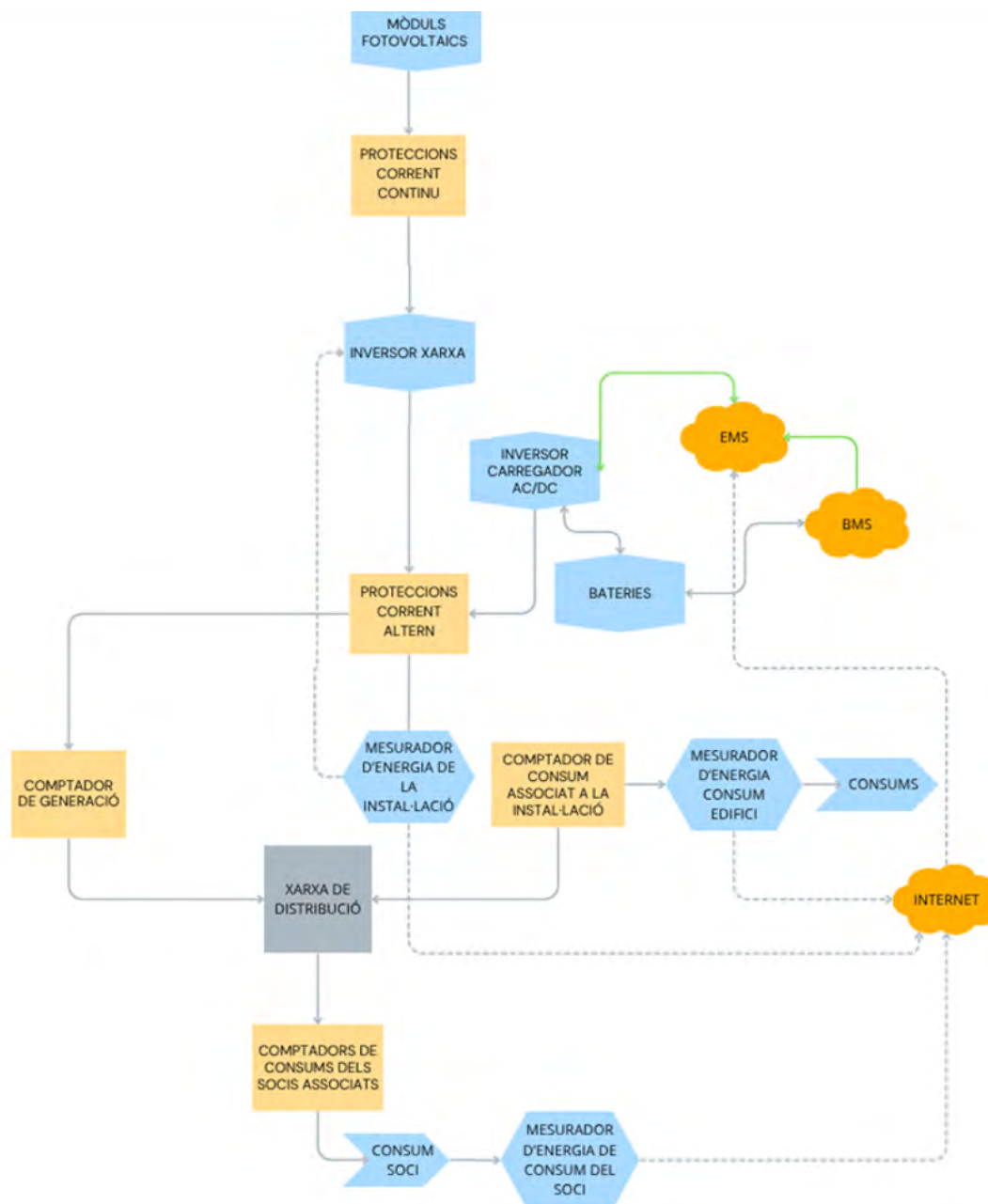


Figura 10.

Opció 2: Diagrama de blocs d'una instal·lació de fotovoltaica col·lectiva amb bateries composta de dos inversors.



Des d'una vista àmplia d'una instal·lació els elements bàsics d'una instal·lació i els aspectes rellevants que les comunitats energètiques han de tenir en compte es resumeixen en la següent taula:

Taula 3.

Taula resum elements d'una instal·lació fotovoltaica amb bateries.

Element	Funció	Aspectes rellevants per a CE
Panells fotovoltaics (mòduls)	Capturen l'energia del sol i la transformen en electricitat (CC).	Eficiència, garanties de rendiment (20-25 anys).
Inversor xarxa/ Inversor híbrid	Converteix el corrent continu (CC) dels panells en corrent altern (CA). Els híbrids també gestionen bateries.	Peça clau per compatibilitat amb bateries i gestió de l'autoconsum.
Bateria (sistema d'acumulació)	Emmagatzema l'energia solar sobrant per utilitzar-la més tard.	Tecnologia més usada: LFP. Vida útil 6.000-10.000 cicles.
BMS (Battery Management System)	Controla la bateria: temperatura, càrrega/descàrrega, seguretat.	Evita riscos i allarga la vida útil.
Inversor Carregador	Permet afegir bateries a instal·lacions existents amb inversors no híbrids.	Útil per adaptar sistemes ja en funcionament.
EMS (Energy Management System)	"Cervell" de la instal·lació: decideix quan carregar/descarregar i com repartir energia.	Permet optimitzar l'energia de la bateria i utilitzar-la quant més benefici aporti a la comunitat i als seus socis.
Comptadors intel·ligents (smart meters)	Mesuren producció i consum en temps real (col·lectiu i individual). N'hi ha amb diferents funcions: • Mesura certificada de producció (punt frontera – companyia) • Mesura del consum del cada soci. • Mesura de la producció i consum de l'equipament on es connecta.	Comptadors d'autoconsum (obligatoris –companyia) i comptadors individuals (opcionals però molt útils amb bateries per optimitzar repartiment i facturació)
Altres components	Estructures, cablejat, proteccions, transformadors.	Necessaris per seguretat i fiabilitat.

5.1.1 Elements més importants.

Inversors

Els inversors són dispositius que transformen el corrent continu (CC) generat pels mòduls en corrent altern (CA), o bé adapten la relació tensió-intensitat (CC-CC) per optimitzar la potència màxima. Existeixen diversos tipus, amb funcions diferenciades:

- **Inversors de xarxa (on-grid):** necessiten connexió a la xarxa; no gestionen bateries; subministren consum i excedents.
- **Microinversors:** transformen la CC de cada panell individualment; milloren el rendiment en presència d'ombres.
- **Optimitzadors:** ajusten el punt de màxima potència (MPPT) de cada panell i envien energia optimitzada a l'inversor central.
- **Inversors híbrids:** combinen conversió CC/CA amb gestió de bateries (càrrega/descàrrega); tot en un únic equip.
- **Inversors carregadors:** destinats exclusivament a la càrrega/descàrrega de bateries; poden operar connectats a xarxa o en sistemes aïllats.

És important destacar que la majoria d'inversors actuals amb capacitat de gestionar bateries permeten també el mode backup (funcionament en illa) en cas d'apagada elèctrica. Aquesta funcionalitat, però, no és aplicable a l'autoconsum compartit, ja que depèn de la connexió a la xarxa, però sí que pot ser rellevant en autoconsums individuals.

Inversors híbrids

A continuació, es presenta una comparativa d'alguns dels models d'inversors híbrids més destacats per aquest tipus d'instal·lacions:

Taula 4.
Característiques d'inversors híbrids

Característica	Solis EH3P H	S6- EH3P 50K- H	Ingeeam Ingecon Sun Storage 30 TL M	GoodWe GW50K- ET-10	Sungro w SH25T	Salicru EQX2 50004- HT+	SMA Sunny Tripower 10	Fronius GEN24 Plus 12 SC	Huawei SUN2000 -25K- MB0
Potència nominal (AC)	50 kW	50 kW	30 kW	50 kW	25 kW	50 kW	10 kW	12 kW	25 kW
Entrades MPPT	4 MPPT	4 MPPT	3 MPPT	4 MPPT	3 MPPT	4 MPPT	2 MPPT	2 MPPT	2 MPPT

Corrent d'entrada per MPPT	40 A	32 A	42A / 32A	26 A	30 A	12,5A / 25A	28 / 14 A	30 A
Compatibilitat amb bateries	Multimarc a (Li-ion)	Multimarc a (Li-ion)	Multimarc a (BYD, Pylontech, etc.)	Sungrow, BYD o LG	Multimarc a	BYD	BYD / LG	LUNA2000 (Huawei)
Relació DC/AC màx.	200%	150%	150%	200 %	150%	150%	103%	150%
Càrrega/descàrrega a bateria	2x70 A	2x75 A	100 A	50 A	100 A	30 A	22 A	50 A
Connectivitat	WiFi / RS485 / Ethernet	WiFi / Ethernet / EMS integrat	WiFi / RS485 / CAN / Ethernet	WLAN / Ethernet / RS485 / CAN	CAN, RS485, WiFi/LAN (opcional)	WLAN / Ethernet / RS485	WLAN / Ethernet / RS485	WLAN / Ethernet / RS485 / 4G
Fabricant	Solis (Xina)	Ingeteam (Espanya)	GoodWe (Xina)	Sungrow (Xina)	Salicru (Espanya)	SMA (Alemanya)	Fronius (Àustria)	Huawei (Xina)

Es pot veure, que les grans marques d'inversors, com SMA i Fronius, però també Solaredge, Kostal, entre d'altres, han quedat una mica endarrere amb l'actualització dels seus productes, ja que només ofereixen inversors de 12 kW com a màxim, fet que obliga a enllaçar diversos inversors per assolir una potència important, i això implica un major nombre d'equips, més espai i major cost tot i ser productes de qualitat i durabilitat contrastades. Inclús Huawei que és un dels màxims fabricants mundialment, només té un model de 25 kW. Tot i així, la tendència del mercat és clarament a incrementar la potència dels inversors híbrids, i aviat es podran trobar models de fins a 100 kW.

És recomanable utilitzar inversors compatibles amb bateries modulars i escalables, preferentment de tecnologia LFP (liti-ferrofosfat), que aporten durabilitat i seguretat. Tot i això, cal estar atents a noves tecnologies que s'estan desenvolupant, com les bateries de sodi o d'estat sòlid, que poden reduir costos en el futur. A més, els inversors han de disposar de protocols oberts de comunicació que permetin integrar-se amb un sistema de gestió energètica (EMS) i amb la resta de dispositius de la instal·lació. Finalment, és essencial que ofereixin monitoratge remot i la possibilitat de gestionar la càrrega i descàrrega de les bateries, de manera que es pugui optimitzar l'autoconsum i la distribució de l'energia entre els socis.

Inversors carregadors

Els inversors carregadors permeten afegir bateries a instal·lacions d'autoconsum que ja disposen d'un inversor de xarxa, sense necessitat de substituir-lo. Tot i que hi ha menys models disponibles que en el cas dels inversors híbrids, representen una opció útil sobretot en sistemes existents.

Limitacions normatives

En autoconsum compartit amb compensació simplificada d'excedents, la suma de potències nominals dels inversors (xarxa + carregador) no pot superar els 100 kWn. Això restringeix el seu ús en instal·lacions grans, tot i que en el futur podria permetre's amb sistemes d'injecció limitada. En instal·lacions petites o en projectes sense compensació d'excedents, aquesta configuració és viable.

Avantatges

- Permeten aprofitar instal·lacions existents sense canviar l'inversor solar.
- Flexibilitat per afegir bateries a posteriori.
- Possibilitat de combinar equips de diferents fabricants.

Inconvenients

- La limitació normativa dels 100 kWn pot condicionar projectes col·lectius.
- Problemes de compatibilitat entre alguns carregadors i inversors de xarxa.
- Menor eficiència en configuracions **AC coupling** per la doble conversió de corrent.

Taula 5.
Característiques d'inversors carregadors

Model	Rang de potència (kW)	Compatibilitat inversors	Compatibilitat bateries	Preu aprox. (€)	Observacions
Victron MultiPlus / Quattro	3 – 15	Victron i tercers via ESS	BYD, Pylontech, Cegasa, etc.	1.200 – 4.500	Gran flexibilitat i integració amb Victron ESS. Molt usat en sistemes autònoms i petits.
SMA Sunny Island	3,3 – 50	SMA i tercers via AC coupling	BYD, Cegasa, Dyness, altres	2.000 – 12.000	Ideal per AC coupling. Bona opció per comunitats que volen modularitat.
Solax X FIT G4	3,7 – 15	Qualsevol inversor de xarxa	Pylontech, Solax Triple Power, etc.	1.000 – 3.000	Solució per afegir bateries a instal·lacions existents. Econòmica i senzilla.
Ingeteam Sun Storage 100TL	100	Gran compatibilitat	BYD, BeePlanet, Cegasa, altres	20.000 – 35.000	Alta potència, orientat a grans instal·lacions de comunitats. Fabricant europeu.

Quan es fa servir un inversor carregador, cal assegurar la seva compatibilitat amb l'inversor de xarxa existent i que disposi de protocols oberts per integrar-se amb l'EMS. També cal tenir present la limitació dels 100 kWn si es vol optar per la compensació d'excedents, ja que això pot condicionar la configuració. Finalment, és recomanable estudiar l'eficiència segons si l'acoblament és en AC o en DC, especialment si hi ha previsió de futurs creixements en la generació renovable.

5.1.1.2 Acumuladors (Bateries)

El mercat de les bateries per a autoconsum i comunitats energètiques és ampli i divers. Tot i que hi ha múltiples opcions, avui dia predominen les bateries de liti LFP (liti-ferrofosfat), fabricades majoritàriament a la Xina. Els factors clau que diferencien els productes són la qualitat de les cel·les, l'assemblatge i, sobretot, el BMS (Battery Management System), essencial per protegir i allargar la vida útil. Els principals fabricants de cel·les són BYD, CALB i CATL.

• Tipologies principals

1. Bateries "tot en un" amb EMS integrat

Inclouen bateria, inversor i sistema de gestió energètica en un sol equip.

- Avantatge: integració senzilla i gestió optimitzada.
- Marques: Ampere Energy (plataforma CE), Sonnen, Tesla Powerwall, Huawei LUNA2000, Alpha ESS.
- Observacions: Solucions cares però potents per comunitats, especialment quan es vol centralitzar la gestió.

2. Bateries modulars de liti (HVS/HVM)

Sistemes escalables, adequats per a projectes de mida petita o mitjana.

- Marques: Cegasa (producció local), BYD (gran compatibilitat i popularitat), Pylontech (econòmica i fiable), Konka, LG Chem, BlueNova.
- Observacions: Gran flexibilitat d'instal·lació i adaptació a diferents inversors.

3. Bateries de segona vida

Fabricades a partir de cel·les reutilitzades de vehicles elèctrics.

- Marca principal: BeePlanet.
- Avantatge: preu més baix (300–450 €/kWh) i opció sostenible.
- Limitació: menor nombre de cicles i vida útil reduïda.

4. Bateries exclusives de fabricants d'inversors

Desenvolupades per garantir compatibilitat dins d'ecosistemes tancats.

- Marques: SMA Home Storage, Huawei LUNA, SolarEdge Home.
- Avantatge: integració garantida.
- Limitació: menor flexibilitat i dependència d'un únic fabricant.

A continuació es presenta taula resum amb una proposta comercial de les diferents tipologies de bateries.

Taula 6.
Característiques de bateries

Tipologia	Marques / Models	Capacitat típica (kWh)	Cicles (DoD 80-90%)	Compatibilitat	Preu orientatiu (€/kWh)	Avantatges	Limitacions
Tot en un (amb EMS integrat)	Ampere Energy, Sonnen, Tesla Powerwall, Huawei LUNA2000, Alpha ESS	5 – 36 (residencial) / fins 480 (grans)	6.000 – 10.000	Propi o marques concretes	700 – 1.200	Integració senzilla, EMS inclòs, monitoratge i gestió comunitària	Cost elevat, menor flexibilitat
Modulars de liti (LFP)	BYD HVS/HVM, Cegasa, Pylontech, LG Chem, BlueNova, Konka	2,5 – 120 (segons mòduls)	6.000 – 8.000	Molt compatibilitat (Victron, SMA, Fronius, etc.)	350 – 900	Escalables, fiables, flexibles	Requereixen integració amb inversor extern i EMS
Segona vida	BeePlanet	6 – 15	4.000 – 5.000	Victron, Fronius, multimarcas	300 – 450	Econòmiques, sostenibles, bona opció per pressupost limitat	Menor vida útil i rendiment inferior
Exclusives de fabricants d'inversors	SMA Home Storage, Huawei LUNA, SolarEdge Home	3 – 30 (residencial) / fins 80 (industrial)	6.000 – 8.000	Només amb inversors de la marca	600 – 900	Integració garantida, fàcil posada en marxa	Ecosistema tancat, dependència d'un únic fabricant

L'elecció de la bateria depèn de la mida i les característiques del projecte. Per a instal·lacions petites i amb necessitat de simplicitat, les solucions tot en un amb EMS integrat (com Ampere Energy) poden ser una bona opció. En instal·lacions de mida mitjana, són més adequades les solucions modulars (com BYD o Cegasa), que ofereixen flexibilitat i escalabilitat. Per a comunitats amb pressupost limitat i sensibilitat ambiental, les bateries de segona vida (BeePlanet) representen una alternativa econòmica i sostenible, tot i que amb una vida útil inferior. Finalment, quan la instal·lació està vinculada a un ecosistema tancat, les bateries de fabricant (Huawei Luna o SolarEdge Home) poden garantir compatibilitat, tot i limitar la capacitat de triar prestacions i preus.

5.1.1.3 EMS (Energy management system)

Un sistema de gestió energètica (EMS) és l'eina clau per optimitzar la producció, emmagatzematge i consum d'energia en comunitats energètiques. Aporta intel·ligència al sistema, permetent maximitzar l'autoconsum, reduir dependència de la xarxa i millorar l'eficiència global.

• Funcionalitats principals

- Monitoratge en temps real de producció, bateries i consums.
- Gestió de bateries: càrrega i descàrrega òptima segons generació, demanda i preus.
- Repartiment d'energia entre socis de la comunitat.
- Integració amb tarifes i mercats (per preparar serveis de flexibilitat).
- Alertes i manteniment predictiu.

• Tipologies d'EMS

• 1. Propietaris de fabricants (Ampere, BYD, Victron, Ingeteam):

- Avantatge: fàcil integració, robustesa.
- Inconvenient: menys oberts i flexibles, difícil integrar altres tecnologies.

• 2. Independents de tercers (Bamboo, Enfasys, Enerclia):

- Avantatge: més compatibilitat, pensats per a comunitats (facturació, apps per socis).
- Inconvenient: sovint més cars i complexos d'implementar.

• Aspectes clau per comunitats

- **Comunicació oberta (API, Modbus, MQTT)** per facilitar integracions futures.
- **Gestió multi-actiu i multi-vector** (FV, bateries, VE, xarxes de calor, etc.).
- **Costos:** cal balancejar inversió inicial i quotes recurrents.
- **Facilitat d'ús i suport tècnic:** ha de ser intuïtiu i multiusuari.
- **Escalabilitat:** important si la comunitat vol créixer o integrar serveis paraigua d'altres plataformes (ex. Som Comunitats, OEcoop).

• Tendències i recomanació

- **Curt termini:** solucions propietàries senzilles (p.ex: Ampere energy.) per comunitats petites.
- **Mig/llarg termini:** EMS independents i oberts, que permetin creixement i integració en xarxes de comunitats més grans.

Cap solució actual ho cobreix tot; és un mercat emergent, però les eines evolucionen ràpidament.

També hi ha la possibilitat de contactar amb fabricants de mesuradors com Renesys i adaptar al producte a les necessitats de la comunitat. Hi ha experiències satisfactòries d'aquest tipus a l'Estat.

Per a comunitats que només necessiten gestionar instal·lacions solars amb bateries, poden ser suficients solucions propietàries i senzilles. En canvi, si es preveu créixer i integrar altres vectors (carregadors de vehicles elèctrics, xarxes de calor, etc.), o bé si es vol enllaçar la comunitat amb serveis “paraigua” d’agrupacions més àmplies (com les que ofereixen OECoop entre d’altres), és preferible un EMS obert i escalable, capaç d’adaptar-se a aquests entorns col·laboratius.

A més, és important valorar aspectes com els costos d’inversió i de manteniment, la usabilitat de la plataforma per part de gestors sense formació tècnica avançada, el nivell d’assistència tècnica que ofereix el proveïdor i la capacitat del sistema per gestionar diferents perfils d’usuari dins la comunitat.

• Exemples de EMS comercials

Taula 7.
Taula comparativa alguns EMS comercials.

Empresa / Producte	Tipus	Funcionalitats principals	Avantatges	Limitacions	Orientació recomanada
Ampere Energy (SEMS)	Propietari (equip + EMS)	Gestió predictiva amb IA, optimització de càrrega/descàrrega, monitoratge en temps real, integració CE.	Integració total (EMS+BMS+inversor), senzill d’usar, app pròpia.	Cal utilitzar els seus equips i bateries, poca flexibilitat.	Comunitats petites/mitjanes que volen una solució tot en un.
Ingeteam (EMS integrat SUN STORAGE)	Propietari (inversor + EMS)	Gestió bàsica de fluxos energètics, monitoratge via app, integració amb inversors Ingeteam.	Fàcil integració si ja es tenen equips Ingeteam, fiable.	Funcionalitats limitades, no cobreix necessitats CE avançades.	Instal·lacions amb inversors Ingeteam, comunitats senzilles.
Victron ESS	Propietari/obert	Gestió d’energia flexible, integració amb múltiples bateries i inversors, control avançat via Cerbo GX.	Molt flexible, comunitat tècnica activa, bona integració amb tercers.	Configuració complexa, requereix coneixements tècnics.	CE tècniques, amb gestors capaços de fer configuracions.
Bamboo Energy	Independent (software)	Gestió de flexibilitat i demanda, predicció, optimització mercats, operació temps real.	Centrat en mercats energètics, escalable, integració amb agregadors.	Poc enfoc en monitoratge ciutadà, no té app per socis.	Comunitats grans, amb visió de participar en mercats de flexibilitat.
Enfasys (Enfyro)	Independent (hardware+software)	Control i monitoratge agnòstic, integració multi-tecnologia, compliment estàndards IEEE, operació centralitzada.	Molt complet, flexible, obert, integrable amb tercers.	Complex i costós, requereix gestors tècnics.	CE grans o federacions de CE, amb creixement previst.

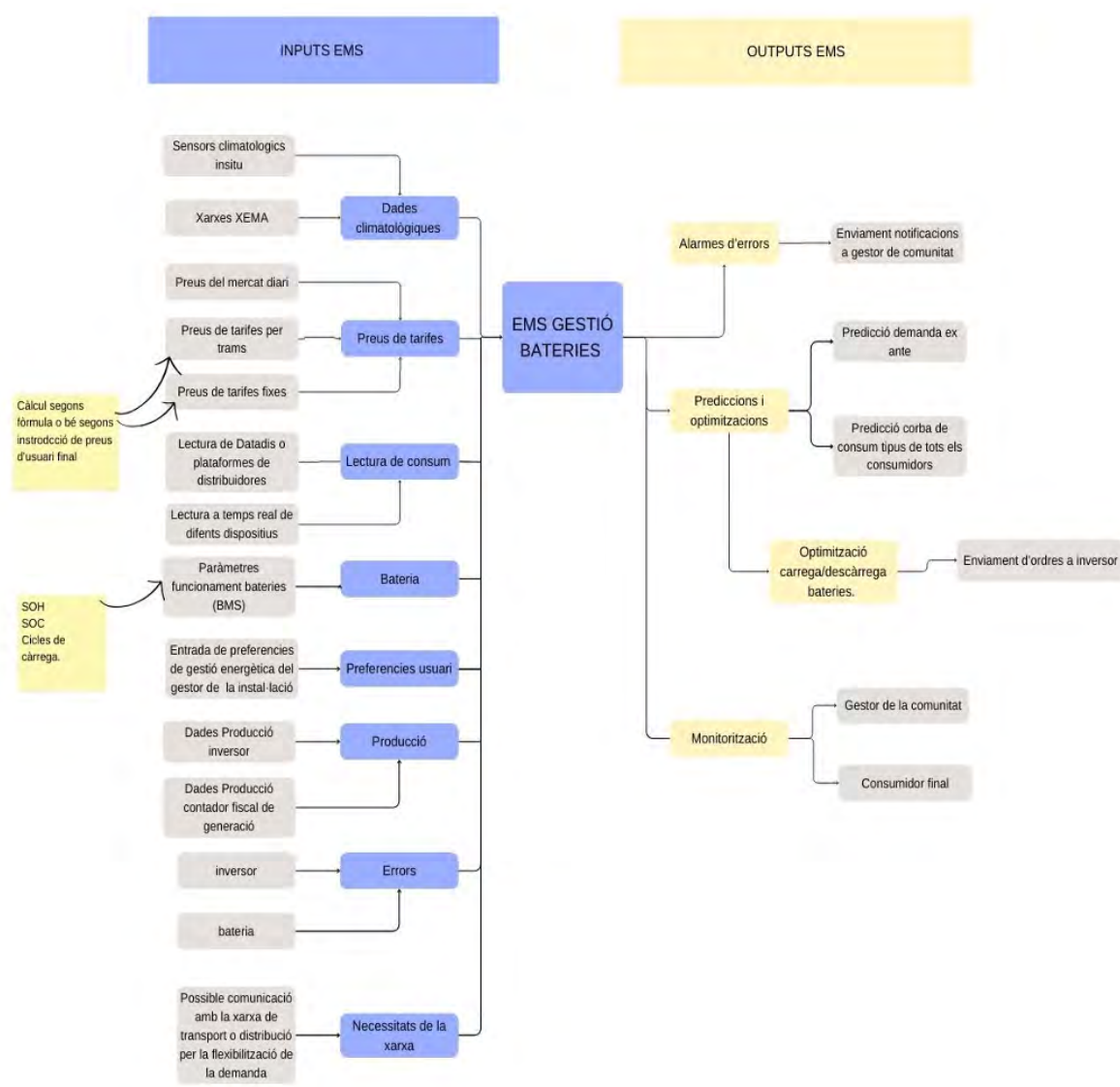
Enerdic (SCADA+EMS)	Independent	Gestió de càrregues i bateries, peak shaving , programació horària, SCADA web i app , solució per autoconsum col·lectiu.	Senzill d'usar, components propis fàcils d'instal·lar, app per usuaris.	Menys escalable en projectes molt grans, necessita hardware propi.	Comunitats petites/mitjanes que volen eines clares per socis.
Sonnen / Tesla / SolarEdge (EMS propis)	Propietari	Gestió bàsica d'autoconsum + bateries, monitoratge i app pròpia.	Senzills, integració directa amb els seus equips.	Poc flexibles, API tancada, limitacions en CE.	Instal·lacions individuals o petites CE amb equips d'aquests fabricants.

A continuació es presenten les entrades i sortides d'un sistema de gestió energètica (EMS) per a comunitats energètiques, dissenyat per ser plenament funcional i incorporar tots els paràmetres necessaris per al control i l'optimització de les bateries.

Cal destacar que en aquest document no s'ha avaluat el cost associat a la implementació de tota aquesta intel·ligència i dels algoritmes de gestió requerits, ni tampoc el seu impacte directe sobre l'estalvi econòmic final.

A més, caldria analitzar individualment cada paràmetre per determinar fins a quin punt es tradueix en un estalvi real o si, en canvi, una gestió més senzilla, amb menys variables, podria assolir resultats similars en termes d'eficiència i optimització econòmica.

Figura 11.
Esquema de paràmetres de control i de gestió dels sistemes



5.1.1.4 Mesuradors d'energia

En un projecte d'autoconsum compartit intervenen tres tipus de mesuradors. Els mesuradors de companyia, obligatoris i instal·lats per la distribuïdora (també poden ser de propietat), registren l'energia importada i exportada i serveixen per a la facturació oficial, però les dades arriben amb retard i no són útils per a la gestió en temps real. Els mesuradors de producció s'instal·len a la sortida de la instal·lació fotovoltaica i permeten verificar la generació total i fer el balanç energètic. Finalment, els mesuradors dels socis, opcionals, però molt útils, proporcionen dades en temps real dels consums individuals i permeten optimitzar el repartiment d'energia i fer una facturació interna transparent dins la comunitat. Aquests darrers són especialment recomanables quan hi ha bateries, ja que permeten maximitzar-ne l'ús.(per exemple la marca Shelly n'és un bon exemple).

6.

Configuracions d'instal·lacions ESS

6. Configuracions d'instal·lacions ESS

6.1. Classificació

Podem classificar les instal·lacions de bateries segons on es troben i com es connecten:

• Segons la ubicació

- **Hibridades:** La bateria està instal·lada junt amb una planta solar o eòlica, compartint espai i gestió.
- **Independents de la generació (standalone):** són bateries que no estan associades directament a cap planta de producció i funcionen de manera autònoma, generalment connectades a la xarxa.

• Segons la connexió elèctrica

- **Sistemes acoblats en corrent continu (DC coupled):** La bateria està connectada abans que l'energia es converteixi en corrent altern. Aquest tipus només es pot instal·lar al mateix lloc que la generació, ja que la xarxa elèctrica opera en corrent altern.
- **Sistemes acoblats en corrent altern (AC coupled):** la bateria es connecta a la xarxa en corrent altern, cosa que permet que la instal·lació sigui independent i pugui actuar directament sobre la xarxa.

En el context de les comunitats energètiques, les instal·lacions híbrides acoblades darrere del comptador (BTM) representen l'opció més adient, ja que permeten gestionar conjuntament la generació i l'emmagatzematge, augmentant l'autoconsum i reduint els excedents a xarxa.

Per aquest motiu, a continuació s'aprofundeix en les configuracions híbrides –tant en AC com en DC coupled–, analitzant-ne els avantatges, limitacions i la seva aplicabilitat real en projectes col·lectius.

6.2. Configuracions d'emmagatzematge híbridat amb generació elèctrica

En sistemes híbrids les configuracions estan associades a la forma com es connecten els subsistemes de generació i emmagatzematge, mentre que, en general, la configuració respecte de la xarxa és BTM ("Darrere del comptador").

• Sistema AC-Coupled (corrent altern):

- **Connexió:** El sistema d'emmagatzematge (bateria) i la planta de generació (solar/eòlica) estan al mateix emplaçament i poden compartir la connexió a la xarxa.
- **Inversors:** Tenen inversors separats; la planta de generació té el seu inversor (CC a CA), i la bateria té el seu inversor propi (bidireccional).
- **Avantatges:** Permet certa independència operativa i facilita actualitzacions futures, ja que cada sistema pot funcionar i ampliar-se per separat.
- **Normativa:** Segons l'article 3 del RD 244/2019, la potència instal·lada és la suma de les potències nominals dels inversors de CC o CA.

• Sistema DC-Coupled (corrent continu):

- **Connexió:** El sistema d'emmagatzematge i la generació comparteixen el mateix inversor i la mateixa connexió al bus de corrent continu (CC).
- **Eficiència:** L'electricitat generada pels panells solars (en CC) pot emmagatzemar-se directament sense conversió prèvia a CA, millorant l'eficiència i reduint pèrdues.
- **Aprofitament de clipping:** Útil per aprofitar energia que es perdria per limitacions tècniques (clipping o retallada), emmagatzemant-la i injectant-la més tard.

No s'analitza l'opció de regulador de càrrega directe des de mòduls, ja que limita l'energia i condiciona el model de negoci per pèrdues de rendiment.

Els sistemes híbrids AC i DC coupled permeten oferir serveis essencials tant a la xarxa com a les comunitats energètiques, com ara l'estabilització de tensió i freqüència, la reducció de col·lapses o reforços de xarxa i el control de costos energètics, aprofitant l'energia pròpia en hores de preu elevat.

Pel que fa a les configuracions, els sistemes AC-coupled destaquen per la seva flexibilitat, facilitat d'ampliació i manteniment, mentre que els DC-coupled ofereixen major eficiència energètica i millor aprofitament del "clipping" fotovoltaic.

En conclusió, les bateries Behind the Meter (BTM) representen l'opció més adequada per a les comunitats energètiques, ja que permeten maximitzar l'autoconsum, reduir els excedents i la dependència de la xarxa, alhora que obren la porta a participar en mercats locals de flexibilitat quan la normativa ho permeti.

Figura 12
Exemple de bateries (BTM) amb connexió a xarxa elèctrica. Instal·lació descentralitzada

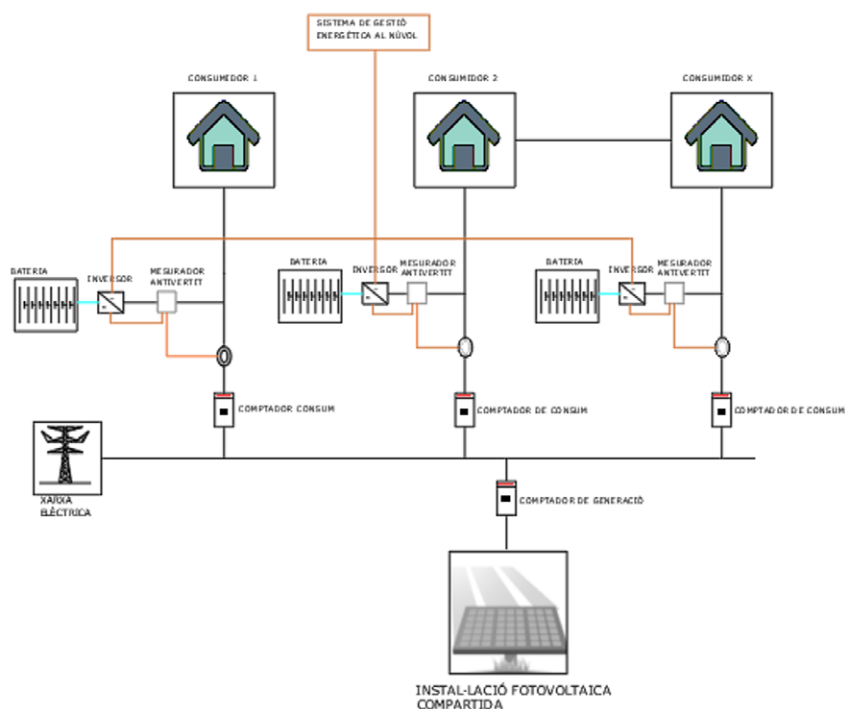


Figura 13 .
Sistema DC-Coupled amb inverter híbrid

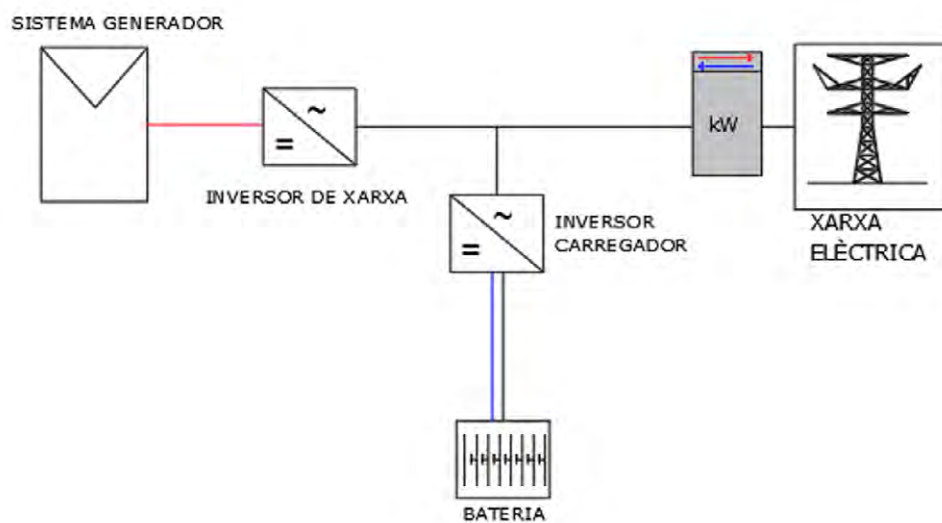
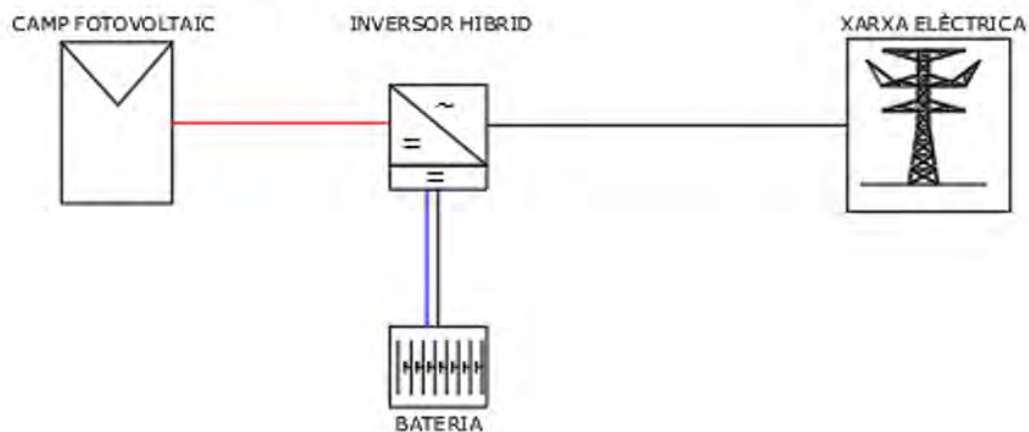


Figura 14.
Sistema DC-Coupled amb inverter híbrid



Taula 8.
Comparació de sistemes AC o DC coupling

Característica	Acoblat AC	Acoblat DC
Flexibilitat en la ubicació de la bateria	✓	✗ (ha d'estar al costat)
Possibilitat d'ampliació o actualització futura	✓	✗
Accessibilitat per a manteniment	✓	✗
Eficiència energètica (menys pèrdues de conversió)	✗	✓
Emmagatzematge d'energia provinent de la xarxa	✓	✓
Inversors separats per a solar i bateria	✓	✗
Ús compartit d'un únic inversor	✗	✓
Procés d'interconnexió a xarxa simplificat	✗	✓
Possibilitat d'aprofitar energia que es perdria (retallada)	✗	✓

7.

**Normativa amb relació als
sistemes d'emmagatzematge
en l'autoconsum col·lectiu**

7. Normativa amb relació als sistemes d'emmagatzematge en l'autoconsum col·lectiu

7.1 Marc normatiu dels sistemes d'emmagatzematge

7.1.1 Marc Normatiu dels Sistemes d'Emmagatzematge

Els sistemes d'emmagatzematge estan regulats a la Llei del Sector Elèctric (LSE), Article 6, apartat h), com a instal·lacions que difereixen l'ús final de l'electricitat a un moment posterior a la seva generació, o que converteixen energia elèctrica en una altra forma per a posterior reconversió en electricitat. Els titulars poden obtenir ingressos per la seva participació en mercats de producció o gestió de la demanda.

• Diferències amb la normativa europea:

- La transposició espanyola difereix de l'europea en el fet que la dimensió europea permet utilitzar l'energia emmagatzemada en altres vectors energètics (hidrogen, energia tèrmica, aigua en preses, etc.), no només electricitat.
- **Consideració com a generador:** Generalment, l'emmagatzematge és considerat un generador segons el RD 6/2022 (que modifica el RD 1955/2000), amb el mateix tractament que les instal·lacions de producció d'electricitat a efectes d'inscripció en el RAIPRE. Això també es recull a l'Article 6.3 del RD 1183/2020 per a l'accés i connexió a la xarxa de distribució.
- **Procediment d'Operació (PO) 3.1 de Red Eléctrica (REE):** Estableix el procés de programació de les unitats de programació (UP) del sistema elèctric, incloent la compra/venda d'energia, agregació i serveis d'emmagatzematge. Les UP de generació i demanda poden incorporar instal·lacions d'emmagatzematge, i s'introdueix la unitat de programació d'emmagatzematge. Encara està pendent de desenvolupar-se la normativa per a l'intercanvi d'informació entre l'emmagatzematge i l'Operador del Sistema (OS).
- **Hibridació:** La LSE contempla la hibridació d'instal·lacions renovables amb emmagatzematge, permetent evacuar energia pel mateix punt de connexió existent.
- **Càrrecs i peatges:** El RD 148/2021 indica que les instal·lacions d'emmagatzematge estan exemptes del pagament de càrrecs del sistema per l'energia consumida que posteriorment és injectada a la xarxa. La Circular 3/2020 de la CNMC eximeix del pagament de peatges els sistemes d'emmagatzematge connectats a la xarxa de transport o distribució. No obstant, les distribuïdores no estan aplicant actualment aquesta normativa per falta de regulació.
- **Consideració com a elements de gestió de la demanda:** Malgrat la consideració genèrica de generador, l'emmagatzematge també pot categoritzar-se com a gestor de demanda, contribuint a la seguretat i qualitat del subministrament. Les Directives (UE) 2019/944 i 2024/1711 especifiquen aquesta participació de l'emmagatzematge des del punt de vista del client actiu i l'intercanvi d'energia ("energy sharing"). El PO 3.1 i la Circular 1/2024 de la CNMC ja incorporen la consideració de l'emmagatzematge com a consumidor.

- **Avaluació ambiental:** Projectes d'emmagatzematge han de sotmetre's a avaluació ambiental simplificada o ordinària. Instal·lacions inferiors a 100 kW no solen requerir-ne, excepte en zones protegides.
- **Configuracions "behind-the-meter (BTM)" i "front-of-meter (FOM)".**
- **Repte normatiu:** Encara hi ha una manca de desenvolupament normatiu i operatiu per al desplegament total de l'emmagatzematge i la seva integració en el sistema elèctric. El PROENCAT preveu un gran desplegament de renovables a Catalunya (26,6 GW eòlica, 33,1 GW fotovoltaica al 2050), el que farà necessari l'emmagatzematge per aplanar la corba de preus i garantir l'estabilitat. S'espera el desplegament de sistemes distribuïts (BTM) per flexibilitzar la demanda.

7.2. Autoconsum col·lectiu

7.2.1 Autoconsum Col·lectiu

El RD 244/2019 regula les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica. Defineix l'autoconsum (consum d'energia de producció pròpia pròxima) i l'autoconsum col·lectiu (diversos consumidors s'alimenten de forma acordada d'instal·lacions pròximes).

- **Condicions de proximitat:** Les instal·lacions de producció properes han de complir alguna d'aquestes condicions:
 - Connectades en xarxa interior dels consumidors o per línies directes.
 - Connectades a la mateixa xarxa de baixa tensió provinent del mateix centre de transformació.
 - Connectats en baixa tensió i a una distància inferior a 500 metres (ampliable a 2000m si és FV sobre coberta).
 - Ubicats en la mateixa referència cadastral.
- **Modalitats d'autoconsum amb excedents (RD 244/2019):** Amb compensació simplificada d'excedents: Permet injectar energia excedentària a la xarxa.
 - **Condicions:** Font renovable, potència nominal total ≤ 100 kW, contracte únic de subministrament si hi ha consums auxiliars, contracte de compensació d'excedents, instal·lació sense règim retributiu addicional.
 - **Funcionament:** L'energia generada s'individualitza per a cada consumidor horàriament. L'energia neta individualitzada que coincideix amb el consum s'anomena "autoconsum individualitzat". La gestió dels excedents és individual i es compensen en la factura. El valor de l'excedent mai pot ser superior al cost de l'energia consumida de la **xarxa, per tant, no es recomana dimensionar la instal·lació per generar grans excedents.**

² Segons l'explicat al capítol 6.

- **Amb venda d'excedents:** S'aplica si no es compleixen les condicions de l'anterior modalitat o si es tria voluntàriament.
 - **Funcionament:** La gestió dels excedents recau en el productor, que els ven al mercat elèctric (mitjançant un representant) i es fa càrrec de les obligacions fiscals. L'energia no consumida en cada període horari es considera excendent del productor i s'incorpora al mercat.

7.3. Comprar electricitat des d'una instal·lació d'autoconsum amb emmagatzematge

La compra d'energia al mercat elèctric és una activitat complexa influenciada per múltiples factors (meteorologia, demanda, geopolítica, etc.). Els participants en un autoconsum generalment no són directes del mercat, sinó que interactuen mitjançant una comercialitzadora.

- **Tipus de contractes de subministrament:**
 - **Preu Voluntari pel Petit Consumidor (PVPC):** Tarifa regulada pel govern, aplicable a titulars (persones físiques o microempreses) connectats a tensió inferior a 1 kV i amb potència contractada fins a 10 kW.
 - **Contracte lliure:**
 - **Preu fix:** Preu establert per a totes les hores del dia i per la durada del contracte (pot canviar per franges horàries o mesos, però garantit).
 - **Preu indexat:** Formulació indexada a indicadors de mercat (normalment el preu majorista horari del mercat elèctric ibèric), de manera que el preu varia hora a hora.

Amb una instal·lació d'autoconsum amb emmagatzematge (individual o col·lectiu), es poden desplaçar els consums (carregant o descarregant la bateria) segons els indicadors de preu del contracte de subministrament. Això permet carregar la bateria en hores més barates i descarregar-la en hores més cares. En l'autoconsum col·lectiu, cal un contracte d'accés i connexió amb capacitat d'injecció i subministrament a la xarxa de distribució.

7.4. Emmagatzematge col·lectiu vs individual

El RD 244/2019 permet els sistemes d'emmagatzematge en qualsevol modalitat d'autoconsum, sempre que disposin de les proteccions de seguretat industrial. S'installeixen compartint l'equip de registre de generació neta (comptador digital) amb la instal·lació d'autoconsum. L'energia acumulada durant les hores de generació renovable es reparteix entre els consumidors quan el sistema la descarrega, mitjançant coeficients energètics definits.

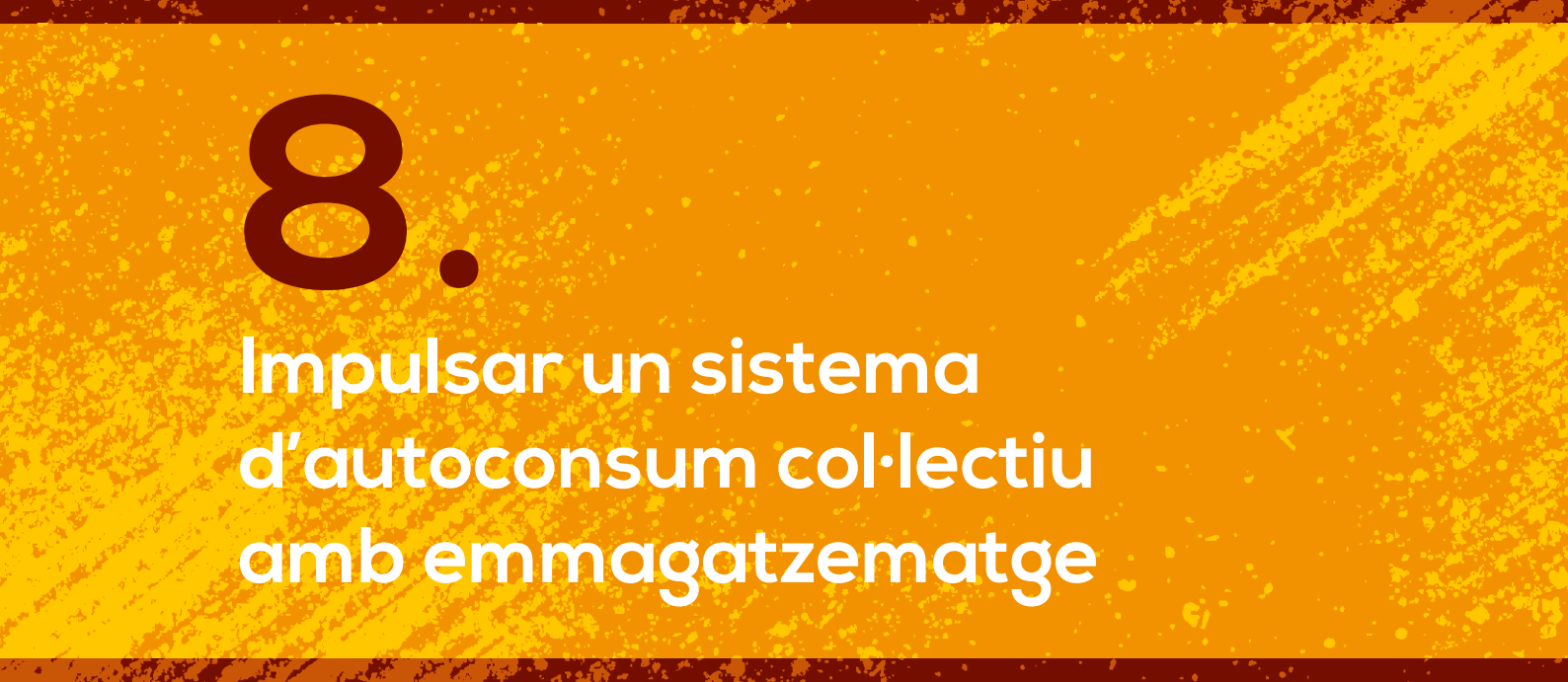
- **Autoconsum individual::** S'implementa un comptador d'energia amb programari de control en temps real per carregar l'emmagatzematge amb excedents i descarregar abans de consumir de la xarxa, optimitzant l'autoconsum i reduint la dependència de la xarxa.
- **Autoconsum col·lectiu amb emmagatzematge:** Presenta reptes per a l'optimització:
 - **Acord de repartiment:** Obligatorietat d'establir un acord de repartiment de l'energia generada basat en previsions, amb almenys quatre mesos d'antelació per modificar els coeficients.
 - **Variació de perfils horaris de consum:** Els consumidors associats solen tenir perfils diferents. Per optimitzar l'autoconsum i evitar excedents, caldria aplicar coeficients diferents per hora i consumidor, tenint en compte els balanços energètics.
 - **Coeficients variables:** Els coeficients de repartiment variable introduïts per l'Orden TED/1247/2021, del 15 de novembre, resolen aquest repte, però actualment hi ha complicacions en la seva aplicació, amb pocs casos d'autoconsum col·lectiu que els incorporin.

Aquestes dificultats i incerteses compliquen la viabilitat econòmica d'aquests sistemes. No obstant això, amb les convocatòries de subvencions que inclouen l'emmagatzematge, les esperades transposicions de directives europees i el desenvolupament normatiu/operatiu estatal, s'espera un ampli desenvolupament de l'emmagatzematge en els autoconsums fotovoltaics.



8.

Impulsar un sistema
d'autoconsum col·lectiu
amb emmagatzematge



8. Impulsar un sistema d'autoconsum col·lectiu amb emmagatzematge

Malgrat els reptes normatius i de productes, la introducció de l'emmagatzematge en els autoconsums col·lectius és una fase propera i necessària de la transició energètica per dotar les comunitats energètiques de major eficiència, sobirania, resiliència i impacte en la descarbonització.

Els projectes d'autoconsum col·lectiu habituals presenten dues limitacions:

- 1. Cobertura limitada:** L'autoconsum es restringeix a les hores d'insolació (20-35% del consum total segons el perfil de l'usuari).
- 2. Excedents inevitables:** Sempre hi ha una proporció d'excedents d'autoconsum recompensats a un preu baix.

És en aquest context que l'emmagatzematge amb bateries, associat a les instal·lacions d'autoconsum solar col·lectiu, esdevé interessant per maximitzar l'autoconsum i minimitzar els excedents. Aquest apartat analitza el procés de promoció i posada en marxa d'una planta fotovoltaica amb bateries, instal·lades darrera del comptador.

8.1. Criteri general per la incorporació de l'emmagatzematge

Quan ens plantejem la incorporació de bateries a una instal·lació fotovoltaica d'autoconsum compartit tenim dos possibles punts de partida: engegarem una instal·lació conjunta de bell nou o ens proposem d'afegir bateries a una instal·lació FV prèviament existent. Anem per parts.

Si emprenem una instal·lació nova, normalment partim d'una coberta donada on hi caben una determinada quantitat de plaques fotovoltaiques i, per tant, una potència pic; per l'orientació i inclinació de la coberta i la seva ubicació tindrem una estimació de la radiació anual prevista i, per tant, de la generació mensual mitjana i anual prevista d'energia elèctrica. En general, considerarem que la comunitat energètica, en funció del criteri que adopti, atorgarà a cada participant uns coeficients de repartiment d'acord amb el seu perfil específic de consum o un valor segons rangs.

De cara a dimensionar el volum relatiu de bateries respecte de la potència fotovoltaica de generació, adoptarem algun dels criteris generals següents:

- **Supòsit 1.** Cercar, per a cada participant, un màxim de cobertura d'autoconsum i un mínim d'excedents, dins d'un òptim econòmic; això es traduirà, en general, a assignar a cadascú, major potència FV respecte de la que se li assignaria si no hi ha bateria, i una proporció relativament elevada de capacitat d'emmagatzematge. Els objectius principals d'aquest enfocament serien:
 - Autoconsum global $\geq 70\%$, per maximitzar l'aprofitament directe de l'energia produïda.
 - Autarquia energètica entre el 50 i el 60%, reduint la dependència de la xarxa sense generar sobreinversió.

- Reducció dels excedents a la xarxa, transformant-los en estalvi directe per al conjunt de la comunitat.
- **Supòsit 2.** Reduir els possibles excedents d'un autoconsum directe, sense que l'emmagatzematge incrementi excessivament la inversió global. Aquest cas pot correspondre a la casuística en què la potència total disponible s'ha de repartir entre un nombre fixat d'usuaris, per exemple, o es vol fer un pilot amb baix risc financer, o simplement es vol complir el requisit mínim d'un ajut com ara el CE Implementa de 2024 (0,5 kWh/kWh).
- **Supòsit 3.** Maximitzar la cobertura de consum, més enllà fins i tot d'un òptim econòmic, tot esperant poder incorporar la compravenda d'energia a la xarxa o l'acumulació interdiària o participar en programes d'agregació i gestió de la demanda. Aquesta situació també podria correspondre a instal·lacions de més de 100 kWh, amb venda dels excedents al mercat majorista en les hores de preus més cars.

Si ens plantejem d'incorporar emmagatzematge a una instal·lació FV d'autoconsum compartit ja existent, hem de tenir en compte el següent:

- Si volem aplicar els Supòsits 1 o 3 anteriors haurem d'assignar majors potències a cada particip (respecte de les que tenien amb autoconsum sense bateries) i, per tant, hem de recol·locar part d'aquests particips en altres cobertes de nova promoció; aquesta hauria de ser una dinàmica normal en un context de creixement del servei i de la comunitat.
- Si no estem en disposició d'ampliar servei amb noves cobertes fotovoltaïques, haurem d'optar per l'opció 2 anterior i afegir una petita quantitat de capacitat d'emmagatzematge amb l'objectiu únic de reduir excedents.

En qualsevol cas, com comentarem més avall, és tècnicament possible, amb determinades condicions, ampliar a posteriori la capacitat d'emmagatzematge.

8.2. Criteris per al dimensionament de les instal·lacions

El dimensionament de la instal·lació el farem en dues etapes: potència fotovoltaïca i capacitat d'emmagatzematge.

8.1.1 Dimensionament de potència fotovoltaïca

Per dimensionar correctament una instal·lació d'autoconsum compartit amb bateries, cal seguir una metodologia basada en dades reals i criteris tècnics que permetin optimitzar la relació entre generació, consum i excedents

A continuació, es detallen les etapes i els paràmetres essencials del procés:

1. Anàlisi dels perfils de consum

El primer pas és definir el patró horari de consum dels participants:

- Representar els consums mitjans horaris en un eix de 24 h per a cada estació de l'any, diferenciant dies feiners i festius.
- Identificar els moments de màxim consum i la seva coincidència amb les hores solars.

Aquesta informació permet establir quina part del consum es pot cobrir amb energia solar directa i quina requerirà bateries o energia de xarxa.

2. Estimació de la generació fotovoltaica

Mitjançant programes de simulació (com PVSyst, PVSol o PVGIS), es calcula la producció horària anual d'una potència determinada (kWp).

Aquest pas permet obtenir la corba de generació prevista i ajustar la potència instal·lada segons l'orientació, inclinació i localització de la instal·lació.

3. Balanç energètic i cobertura

Superposant les corbes de consum i generació, s'obté el balanç energètic que mostra:

- L'energia autoconsumida.
- Els excedents fotovoltaics (energia no utilitzada immediatament).
- L'energia importada de la xarxa.

Per quantificar la relació entre generació i consum, es defineix el coeficient de cobertura bruta anual (C_b):

$$C_b = \frac{\text{Energia FV generada}}{\text{Consum total anual}}$$

Exemple: Si un sistema produeix 1300 kWh/any i el consum anual és de 3250 kWh, la cobertura bruta és:

$$C_b = 1300 / 3250 = 0,4 \text{ (40 \%)}.$$

Si el percentatge d'excedents (Exc) és, per exemple, del 20 %, la cobertura neta (C_n) serà:

$$C_n = C_b \times (1 - Exc)$$

En l'exemple anterior, $C_n = 40 \% \times (1 - 0,2) = 32 \%$.

4. Criteris de dimensionament segons el tipus de sistema

Taula 9.
Criteris de dimensionament i Cb recomenats

Tipus de sistema	Objectiu	Rang de cobertura (Cb) recomanat	Observacions
Autoconsum directe (sense bateries)	Cobrir el màxim possible en hores solars	25 – 40 %	Valors típics per consums domèstics; depèn de l'hora d'activitat.
Amb bateries – criteri de mínims	Reduir excedents i estabilitzar consums	40 – 60 %	Les bateries permeten aprofitar excedents nocturns.
Amb bateries – criteri d'optimització econòmica (supòsit 1)	Maximitzar cobertura i estalvi	70 – 85 %	Recomanat per usuaris amb tarifes indexades o triple tarifa.
Cobertura total (supòsit 3)	Autonomia completa	gairebé ≈ 100 %	Només viable amb bateries grans i major inversió.

5. Assignació de potències i participacions

Amb la potència total disponible i els consums de cada participant:

- Es calcula la potència equivalent assignada a cada usuari (segons el seu perfil: domèstic, comercial o industrial).
- Es verifica que la suma total de les potències assignades sigui igual a la potència fotovoltaica total disponible.

Això permet definir un repartiment equilibrat que maximitzi l'autoconsum global de la comunitat.

8.1.2 Dimensionat de capacitat d'emmagatzematge

Un cop determinada la potència fotovoltaica (FV) assignada a cada partícep i al conjunt de la comunitat, el dimensionament de les bateries s'ha de fer considerant la relació entre energia generada, excedents disponibles i demanda no coberta.

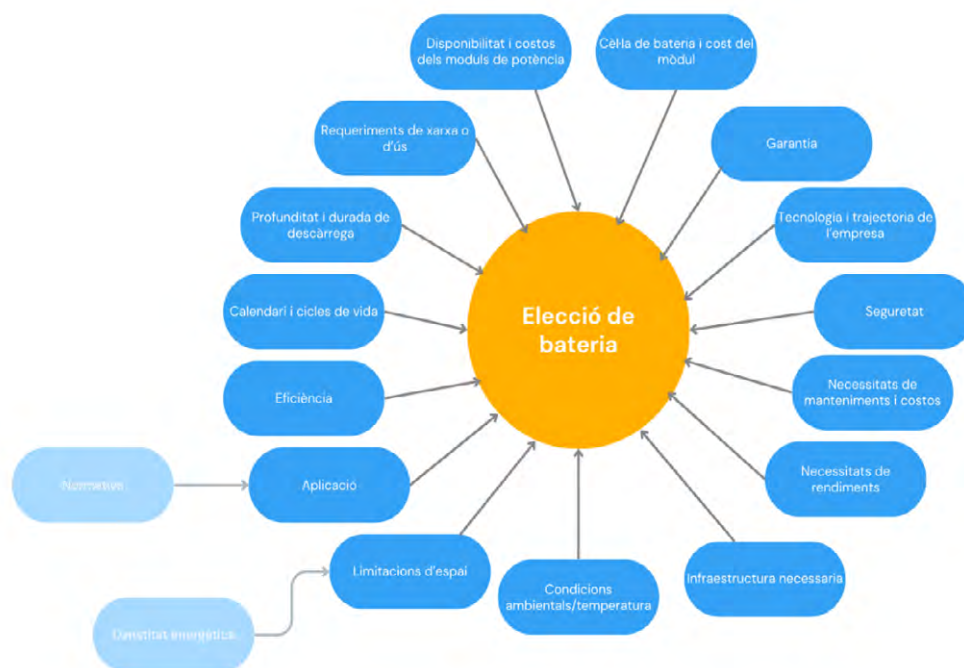
El disseny d'un **Sistema d'Emmagatzematge d'Energia (ESS)** requereix també tenir en compte criteris similars als d'altres sistemes elèctrics complexos. Els enginyers i tècnics responsables han d'analitzar diversos aspectes clau que determinen tant la seva viabilitat com el seu comportament operatiu:

- **Objectiu del sistema i serveis associats:** definir si el sistema es destina a emmagatzemar grans quantitats d'energia, evitar pics de potència, estabilitzar la xarxa, millorar l'autoconsum o participar en mercats de flexibilitat i trading energètic.

- **Potència i energia necessàries:** determinar la quantitat d'energia a emmagatzemar i la potència de càrrega/descàrrega requerida segons els perfils de generació i demanda.
- **Costos:** considerar tant la inversió inicial com els costos recurrents de manteniment, gestió i eventual renovació d'elements.
- **Vida útil:** establir la durada esperada del sistema i el nombre de cicles de càrrega-descàrrega en condicions òptimes d'ús.
- **Ubicació:** avaluar la disponibilitat d'espai, la proximitat als punts de consum i la connexió amb la xarxa elèctrica existent.
- **Normatives aplicables:** assegurar el compliment de la legislació tècnica, mediambiental i de seguretat vigent.
- **Seguretat:** garantir la protecció tant del sistema com del seu entorn davant possibles sobreescalfaments, curtcircuits o fallades de control.
- **Infraestructura existent:** valorar si la xarxa pot integrar el sistema d'emmagatzematge o si calen adaptacions tècniques.
- **Sistema de generació associat:** quantificar els excedents actuals o, en el cas de projectes nous, simular els futurs per a definir un dimensionament adequat.

Figura 15.

Consideracions importants per la selecció de la bateria. Font: IRENA.



Tenint en compte tots aquests aspectes tècnics, el dimensionament de la bateries es basa en l'objectiu de trobar un equilibri entre cost d'inversió, ús eficient de la bateria i reducció d'excedents.

8.1.2.1 Procediment general

El mètode complet de càlcul parteix de tres aspectes fonamentals:

- **Disponibilitat diària d'excedents:** són la base per determinar la capacitat de la bateria. Es pot escollir com a referència l'hivern (cas més conservador), la mitjana anual o l'estiu (cas més ambiciós).
- **Paràmetres tècnics de la bateria**³.
- **Equilibri entre càrrega i demanda:** la bateria s'ha de dimensionar de manera que pugui emmagatzemar els excedents i retornar-los quan no hi ha producció solar, maximitzant l'autoconsum i reduint la compra a xarxa.

Aquest procediment complet requereix dades horàries de consum i generació, aquestes dades permeten garantir el correcte dimensionat de la instal·lació i una explotació d'aquesta de la forma més eficient. No obstant, no sempre podrem procedir així, sigui per la indisponibilitat de dades de consum (sobretot en consumidors residencials), per la complexitat del tractament de les dades o bé pels costos personals o econòmics de realitzar tot aquest estudi. Tanmateix, presentem un procediment simplificat que ens permet fer un dimensionat aproximat. A tal efecte farem un seguit de suposicions que serviran per dimensionar l'emmagatzematge en el cas de consumidors residencials :

³ Segons apartat anterior.

8.1.2.2 Procediment simplificat per a habitatges i petites comunitats

Per fer una primera estimació fiable del dimensionament de l'emmagatzematge, es pot seguir un **mètode abreujat** basat en tres hipòtesis principals:

1. **Consum en hores solars:** aproximadament el **35-40%** del consum elèctric domèstic es produeix durant les hores de generació solar.
2. **Relació entre excedents i consum nocturn:** els excedents disponibles seran sempre iguals o inferiors a la demanda en hores sense sol.
3. **Estimació dels excedents anuals:** es poden deduir a partir de la relació Generació FV / Consum total.

Taula 10.

Taula de predimensionat de capacitat de bateria segons generació/consum. Elaboració pròpia

Cb (Generació FV anual/Consum elèctric anual)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1	2
Autoconsum previst (sense bateries)	90 %	85 %	70 %	65 %	50 %	35 %	20 %
Excedent previst (sense bateries)	10 %	15 %	30 %	35 %	50 %	65 %	80 %

A partir d'aquí, es pot calcular la capacitat efectiva de la bateria (Capef) amb la següent expressió simplificada:

$$\text{Capef (kWh)} = \frac{\text{Excedents anuals (kWh)}}{365} \times K$$

on **K** és un factor d'ajust segons el criteri de disseny:

Taula 11.
Taula de coeficients K

Coeficient K	Criteri de disseny	Descripció
K = 1,0	Disseny equilibrat	Cobreix excedents mitjans anuals; bona eficiència global.
K = 0,7	Optimització econòmica	Basat en excedents hivernals; màxima utilització amb cost ajustat.
K = 0,5	Mínima inversió	S'assegura recàrrega completa a l'hivern, però amb més excedents.
K = 1,5	Cobertura màxima	Absorbeix excedents estiuencs; rendibilitat més baixa.

La capacitat nominal (Capnom) s'obté corregint per la profunditat de descàrrega:

$$\text{Capnom} = \frac{\text{Capef}}{\text{DoD}}$$

(amb DoD habitual entre 80–90%).

3. Interpretació pràctica

Aquesta metodologia simplificada permet determinar ràpidament una capacitat orientativa de bateria sense requerir dades horàries detallades. És especialment útil en comunitats energètiques de nova creació o en projectes en fase inicial, on encara no es disposa d'històrics de consum reals.

A partir dels resultats obtinguts, es podrà ajustar el disseny final un cop es disposi de dades més precises o es vulgui afinar l'estudi econòmic.

Exemple pràctic

Una comunitat energètica de 50 habitatges vol incorporar un sistema d'emmagatzematge per una instal·lació fotovoltaica d'autoconsum col·lectiu de 125 kWp amb una generació anual de 1.344 kWh/kWp/any. Cada participant té un consum anual de 4.800 kWh i una generació anual associada de 3.360 kWh. Quina hauria de ser la capacitat de l'emmagatzematge, si volem poder absorbir els excedents dels mesos hivernals i admetem un DoD = 85%?

- **1. Generació total anual:**

$$125 \text{ kWp} \times 1.344 \text{ kWh/kWp} = 168.000 \text{ kWh/any}$$

- **2. Relació generació/consum per habitatge:**

$$3.360 / 4.800 = 0,7 \text{ (Cb = 70\%)}$$

- **3. Excedents estimats:** (Segons taula 9):

$$50 \% \text{ de la generació } 84.000 \text{ kWh/any}$$

- **4. Coeficient K = 0,7** (ajust per hivern):

$$\text{Capef} = \frac{168.000 \times 0,5}{365} \times 0,7 = 161 \text{ kWh}$$

- **5. Capacitat nominal (DoD = 85%):**

$$\text{Capnom} = \frac{161}{0,85} = 189,5 \text{ kWh}$$

- **6. Aportació de la bateria:**

$$161 \times 365 \times 0,8 = 47.012 \text{ kWh/any,}$$

augmentant la cobertura d'autoconsum del **50% al 69,6%**.

8.3. Models de negoci

Tot i que l'objectiu principal de les comunitats energètiques (CE) és generar beneficis socials i ambientals, cal garantir-ne la viabilitat econòmica i la sostenibilitat a llarg termini. Per això, els ingressos derivats de la gestió energètica són essencials per mantenir i ampliar els projectes.

Ingressos

Les CE poden obtenir ingressos a través de diversos mecanismes:

- **Venda d'energia al mercat:** la producció renovable es pot vendre a preu de mercat o mitjançant contractes PPA (Power Purchase Agreement).

- **Venda d'energia als socis:** el model més habitual. L'electricitat es ven als membres a preu de cost + marge operatiu, inferior al del mercat, reduint la factura energètica i assegurant sostenibilitat econòmica.
- **Autoconsum local compartit:** especialment en cobertes públiques o comunitàries, on els beneficis socials es tradueixen en reducció d'impostos o tarifes locals.

Finançament de la instal·lació

Els projectes d'autoconsum compartit (fins a 100 kWn) poden finançar-se amb diferents fórmules:

- **Finançament total per part de la CE,** combinant **ajuts i préstecs** i repercutint els costos a les quotes periòdiques dels socis.
- **Aportacions inicials dels participants,** proporcionals al seu coeficient de participació energètica. En aquest cas, el repartiment dels costos del sistema d'emmagatzematge es pot calcular segons l'ús assignat o real.
- **Préstecs interns dels socis a la CE,** amb una **petita retribució financera**. Aquest model reforça la implicació dels membres i redueix la dependència del crèdit extern.

Quotes i estructures de preus

Les quotes que paguen els socis inclouen habitualment:

- **Amortització de la inversió:** vinculada al finançament de la instal·lació.
- **Operació i manteniment (O&M):** cobreix gestió energètica, manteniment, assegurances i costos administratius.

En instal·lacions amb bateries, la quota s'ha de vincular a l'energia realment utilitzada, ja que el valor econòmic varia segons el moment del consum. Es poden aplicar dos esquemes:

- **Quota única per kWh:** preu mitjà ponderat que inclou generació i emmagatzematge. Simple i adequat per sistemes petits amb coeficients fixos.
- **Model de dues quotes:** diferenciant el preu de l'energia solar directa i el preu de l'energia emmagatzemada (lliurada fora d'hores solars).

Aquest sistema requereix monitoratge i permet una assignació justa dels costos segons l'ús efectiu.

En tots aquests models, els participants han de procurar minimitzar els seus excedents, si bé la gestió amb emmagatzematge ha de facilitar la minimització d'aquests excedents. Abordem, més avall, la qüestió de la fixació de preus.

8.4. Anàlisi de la viabilitat econòmica

La incorporació d'una bateria en una instal·lació d'autoconsum col·lectiu permet optimitzar l'ús de l'energia produïda. Aquesta optimització, que haurà de compensar amb escreix el sobrecost de l'emmagatzematge, es produeix gràcies a un major aprofitament de l'energia produïda per a l'autoconsum dels consumidors associats, tot reduint el volum d'excedents generats. És important entendre que el què genera un major rendiment econòmic en instal·lar una bateria és la capacitat d'autoconsumir més proporció d'energia per part dels consumidors finals, ja que aconseguim estar "més hores" fora del mercat energètic, i fer-ho especialment en aquelles hores en què l'energia al mercat sigui més cara (hores de tarifa punta o plana). És per això, que per fer un càlcul dels beneficis vinculats a una bateria hem de tenir en compte els preus de mercat del kWh consumit i el preu pagat pels excedents. Per a poder observar una estimació de la viabilitat (o no) d'aquest tipus d'instal·lacions, a continuació presentem dos models de viabilitat econòmica per a una instal·lació d'autoconsum col·lectiu de 125 kWp (100 kWn) amb i sense bateria, en el cas de instal·lacions amb bateries, analitzem tres escenaris (sense subvenció, amb subvenció i amb reducció de costos):

Dades de referència – Instal·lació d'autoconsum col·lectiu 125 kWp

Taula 12.

Taula resum instal·lació fotovoltaica de referència

Concepte	Valor
Potència fotovoltaica instal·lada	125 kWp (100 kWn)
Radiació i productivitat	1.320 kWh/kWp/any
Producció anual estimada	165.000 kWh
Degradació anual panells	-0,5 %
Preu energia comprada	0,18 €/kWh (s/ IVA)
Preu excedents compensats	0,05 €/kWh
Autoconsum / Excedents	50 % / 50 %
Cost d'instal·lació FV	100.000 € (800 €/kWp)
Costos operatius anuals	7.523 €
Vida útil	25 anys

Detall costos operatius anuals:

- Lloguer/cànon coberta: 1.873 €
- O&M instal·lació: 2.000 €
- Monitorització: 1.000 €
- Gestió comunitat: 2.150 €
- Assegurança: 500 €

Taula 13.

Taula resum sistema d'emmagatzematge de referència

Concepte	Valor
Capacitat bateria	161 kWh
Cost sistema	82.110 € (510 €/kWh)
Vida útil	20 anys (≈ 8.000 cicles → 21,9 anys)
Degradació anual	-1,5 %
Pèrdues per cicle	10 % (5 % càrrega + 5 % descàrrega)
Preu energia comprada	0,18 €/kWh
Preu excedents compensats	0,05 €/kWh
Autoconsum / Excedents	70 % / 30 %
Costos operatius addicionals	2.000 € anuals
Vida útil EMS/gestió	Condicionada a actualitzacions i optimització horària

Detall costos operatius addicionals:

- O&M bateria + assegurança: 1.000 €
- Gestió de la bateria: 1.000 €
(Gestió crítica: cal optimitzar quan carregar/descarregar per maximitzar viabilitat)

Opció A- FV sense bateria

En aquest cas, el 50% de l'energia generada s'autoconsumeix directament i la resta (50%) s'injecta com a excedents a la xarxa.

Les despeses considerades inclouen la inversió inicial i els costos operatius de manteniment i gestió.

El pla de viabilitat econòmica és el següent:

Figura 16.
Pla de viabilitat econòmica projecte A

FLUX DE CAIXA €	Any 1	Any 2	Any 3	.....	Any 8	Any 9	Any 10	.....	Any 24	Any 25
FV SENSE BATERIA										
DESPESES				.....				.....		
Cost Inversió FV	100.000			.....				.....		
Costos Operatius	7.523	7.523	7.523	.....	7.523	7.523	7.523	.....	7.523	7.523
TOTAL	107.523	7.523	7.523	.....	7.523	7.523	7.523	.....	7.523	7.523
INGRESSOS/ESTALVI				.....				.....		
Energ. Prod kWh	165.000	164.340	163.683	.....	160.435	159.793	159.154	.....	150.470	149.868
Estalvi autoconsum	14.850	14.791	14.731	.....	14.439	14.381	14.324	.....	13.542	13.488
Estalvi excedents	4.125	4.109	4.092	.....	4.011	3.995	3.979	.....	3.762	3.747
TOTAL	18.975	18.899	18.824	.....	18.450	18.376	18.303	.....	17.304	17.235
Balanç Anual	-88.548	11.376	11.301	.....	10.927	10.853	10.780	.....	9.781	9.712
Balanç Acumulat	-88.548	-77.172	-65.871	.....	-10.492	361	11.141	.....	154.501	164.213

Resultats principals:

- Amortització aproximada: 8 anys.
- Estalvi acumulat a 25 anys: 164.213 €.
- A partir de l'any 9, el sistema genera estalvi net per als participants.

Opció B- FV amb bateria

S'analitza la mateixa instal·lació, incorporant un sistema d'emmagatzematge. Els supòsits de partida són:

- 50% d'autoconsum directe.
- 20% d'energia destinada a càrrega de bateries.
- Pèrdues de càrrega del **10%** i **1,5%** anual de pèrdua de capacitat efectiva.
- No s'inclou reposició de la bateria.

Per altra banda, les despeses del projecte són:

- Cost instal·lació FV.
- Cost instal·lació bateria.
- Costos operatius de la planta FV.
- Costos operatius addicionals de l'emmagatzematge.

El pla de viabilitat per al projecte resulta ser el següent:

Figura 17.

Pla de viabilitat econòmica projecte B.

FLUX DE CAIXA €	Any 1	Any 2	Any 3	.....	Any 14	Any 15	Any 16	.....	Any 24	Any 25
FV AMB BATERIA										
DESPESES				.....				.....		
Cost Inversió FV	100.000			.....				.....		
Costos Operatius	7.523	7.523	7.523	.....	7.523	7.523	7.523	.....	7.523	7.523
Cost Bateries	82.110			.....				.....		
Costos Oper. Addic.	2.000	2.000	2.000	.....	2.000	2.000				
TOTAL	191.633	9.523	9.523	.....	9.523	9.523	7.523	.....	7.523	7.523
INGRESSOS/ESTALVI				.....				.....		
Energ.Prod kWh	165.000	164.340	163.683	.....	156.623	155.996	155.372	.....	150.470	149.868
Energ, Autocons.Dte	82.500	82.170	81.841	.....	78.311	77.998	77.686	.....	75.235	74.934
Autoconsum Bat's	33.000	32.375	31.762	.....	25.737	25.249		.....	0	0
Pèrdues Carr/DesC	3.667	3.597	3.529	.....	2.860	2.805	0	.....	0	0
Energia Excedents	45.833	46.198	46.550	.....	49.715	49.943	77.686	.....	75.235	74.934
Estalvi autoconsum	20.790	20.618	20.449	.....	18.729	18.585	13.984	.....	13.542	13.488
Estalvi excedents	2.292	2.310	2.328	.....	2.486	2.497	3.884	.....	3.762	3.747
TOTAL	23.082	22.928	22.776	.....	21.214	21.082	17.868	.....	17.304	17.235
Balanç Anual	-168.551	13.405	13.253	.....	11.691	11.559	10.345	.....	9.781	9.712
Balanç Acumulat	-168.551	-155.146	-141.893	.....	-5.655	5.904	16.249	.....	96.458	106.170

Resultats principals:

- Amortització: **14 anys**.
- Estalvi acumulat a 25 anys: **106.170 €**.

Anàlisi:

Aquestes dades ens porten a una conclusió que sembla evident. A data d'avui, la inversió en sistemes d'emmagatzematge associats a autoconsums fotovoltaics col·lectius no genera un impacte en l'estalvi suficient per a fer-la atractiva. El seu interès estratègic, però, tant per al sistema elèctric com per les pròpies comunitats, ha portat l'administració a proposar ajuts a fons perdut, a la indústria a oferir productes més competitius i a les pròpies comunitats a engegar projectes pilot que els permetin optimitzar costos en el futur. Per això analitzarem ara dos escenaris alternatius:

- Inversió comptant amb subvencions a fons perdut.
- Escenari amb reducció de costos i millora de prestacions.

Amb les mateixes xifres i hipòtesis que en el cas anterior, repetim la simulació suposant que comptem amb una subvenció del 40% (com seria el cas del programa CEImplementa d'IDAE). Reproduïm els resultats de la simulació a la taula que segueix:

Figura 18.
Pla de viabilitat econòmica sistema amb subvenció.

FLUX DE CAIXA €	Any 1	Any 2	Any 3	.....	Any 8	Any 9	Any 10	.....	Any 24	Any 25
FV AMB BATERIA (+SUBVENCIO)										
DESPESES				.....				.....		
Cost Inversió FV	60.000			.....				.....		
Costos Operatius	7.523	7.523	7.523	.....	7.523	7.523	7.523	.....	7.523	7.523
Cost Bateria	49.266			.....				.....		
Costos Oper. Addic.	2.000	2.000	2.000	.....	2.000	2.000	2.000	.....		
TOTAL	118.789	9.523	9.523	.....	9.523	9.523	9.523	.....	7.523	7.523
INGRESSOS/ESTALVI										
Energ.Prod kWh	165.000	164.340	163.683	.....	160.435	159.793	159.154	.....	150.470	149.868
Energ. Autocons.Dte	82.500	82.170	81.841	.....	80.218	79.897	79.577	.....	75.235	74.934
Autoconsum Bat's	33.000	32.375	31.762	.....	28.866	28.319	27.783	.....	0	0
Pèrdues Carr/DesC	3.667	3.597	3.529	.....	3.207	3.147	3.087	.....	0	0
Energia Excedents	45.833	46.198	46.550	.....	48.144	48.431	48.707	.....	75.235	74.934
Estalvi autoconsum	20.790	20.618	20.449	.....	19.635	19.479	19.325	.....	13.542	13.488
Estalvi excedents	2.292	2.310	2.328	.....	2.407	2.422	2.435	.....	3.762	3.747
TOTAL	23.082	22.928	22.776	.....	22.042	21.900	21.760	.....	17.304	17.235
Balanç Anual	-95.707	13.405	13.253	.....	12.519	12.377	12.237	.....	9.781	9.712
Balanç Acumulat	-95.707	-82.302	-69.049	.....	-5.002	7.375	19.612	.....	169.302	179.014

Com podem veure, disposar de la subvenció (40% de la inversió) permet obtenir un termini d'amortització atractiu de 8 anys, i un estalvi acumulat als 25 anys de 179.014€.

Escenari amb reducció de costos i millora de prestacions

Analitzem un escenari amb les següents millores de costos i prestacions (sense subvencions):

- Cost FV passa de 800 €/kWp a 700 €/kWp (per a certs volums de contractació aquest objectiu ja és assolible).
- Cost de sistema de bateries passa de 510 €/kWh a 350 €/kWh (per les tendències més recents sembla assolible quan hagi arrencat el mercat, per exemple a 2 anys vista o fins i tot abans, deguda a l'elevada competència entre fabricants).
- Els costos operatius es redueixen un 20%. Podem aproximar-nos a aquest objectiu a mesura que les comunitats agafin rodatge i volum.
- Es consolida l'oferta de bateries amb 10.000 cicles de vida (27 anys en cicles diaris) i podem fixar la vida útil de tot el sistema en 25 anys i només un 1,2% de pèrdua de capacitat efectiva d'any a any.

Amb aquestes hipòtesis, la projecció econòmica mostra els següents resultats:

Figura 19.

Pla de viabilitat econòmica amb reducció de costos.

FLUX DE CAIXA €	Any 1	Any 2	.....	Any 9	Any 10	Any 11	.....	Any 24	Any 25
FV AMB BATERIA (RED.COSTOS)									
DESPESES			.....				.....		
Cost Inversió FV	87.500		.....				.....		
Costos Operatius	6.018	6.018	.....	6.018	6.018	6.018	.....	6.018	6.018
Cost Bateries	56.350		.....				.....		
Costos Oper. Addic.	1.600	1.600	.....	1.600	1.600	1.600	.....	1.600	1.600
TOTAL	151.468	7.618	.....	7.618	7.618	7.618	.....	7.618	7.618
INGRESSOS/ESTALVI									
Energ.Prod kWh	165.000	164.340	.....	159.793	159.154	158.518	.....	150.470	149.868
Energ, Autocons.Dte	82.500	82.170	.....	79.897	79.577	79.259	.....	75.235	74.934
Autoconsum Bat's	33.000	32.474	.....	28.579	28.123	27.674	.....	22.454	22.095
Pèrdues Carr/DesC	3.667	3.608	.....	3.175	3.125	3.075	.....	2.495	2.455
Energia Excedents	45.833	46.088	.....	48.143	48.330	48.510	.....	50.286	50.383
Estalvi autoconsum	20.790	20.636	.....	19.526	19.386	19.248	.....	17.584	17.465
Estalvi excedents	2.292	2.304	.....	2.407	2.416	2.425	.....	2.514	2.519
TOTAL	23.082	22.940	.....	21.933	21.802	21.673	.....	20.098	19.984
Balanç Anual	-128.387	15.322	.....	14.314	14.184	14.055	.....	12.480	12.366
Balanç Acumulat	-128.387	-113.065	.....	-9.943	4.241	18.296	.....	189.787	202.153

Podem comprovar com una millora factible de costos i prestacions proporciona un escenari atractiu, amb un termini d'amortització raonable de 9 anys, i un estalvi acumulat als 25 anys de 202.153€.

Resum d'opcions i escenaris

La taula que segueix, recull els resultats de les dues opcions plantejades (FV sense o amb bateries) i aquesta darrera opció amb els tres escenaris analitzats.

Taula 14.

Taula resum de viabilitat econòmica de diferents instal·lacions.

Escenari	Inversió inicial	Cobertura consum %	Amortització	Estalvi acumulat (25 anys)
Autoconsum col·lectiu sense bateries	100.000 €	35%	8 anys	164.213 €
Autoconsum col·lectiu amb bateries	182.110 €	45,5%	14 anys	106.170 €
Autoconsum col·lectiu amb bateries i subvenció del 40 %	109.266 € (net)	45,5%	8 anys	179.014 €
Autoconsum col·lectiu amb bateries, baixada de preu de bateries	143.850 €	49%	9 anys	202.153 €

Com a conclusions podem dir que, a curt termini és recomanable d'engegar projectes pilot aprofitant possibles subvencions i a mitjà termini podem tenir una millora dels productes i una optimització dels serveis. Aquesta anàlisi, tanmateix, es pot afinar en diferents circumstàncies de cost de l'energia, tipus de tarifa, etc, i estarà subjecte a l'evolució futura -incerta- del mercat elèctric. Sens dubte, l'experiència pràctica de les realitzacions pilot ens ha de permetre, també, contrastar els resultats energètics.

En tot cas, convé recordar que aquesta és una primera anàlisi de rendibilitat bàsica, sobre la qual caldrà construir el model de viabilitat per a la comunitat energètica, incorporant-hi l'impacte del finançament que es determini i les necessitats de tresoreria, així com les condicions de quota o preu del servei de cara als socis de la comunitat; igualment caldrà revisar les condicions d'estalvi final resultant per a aquests.

8.5. Finançament del projecte

El finançament de projectes d'autoconsum FV amb bateries per part de les comunitats energètiques (CCEE) té una sèrie de requeriments a tenir en compte:

- Els retorns de la inversió no són ràpids i per tant els períodes d'amortització associats a préstecs o altres aportacions requeriran terminis llargs, normalment d'entre 10 i 15 anys; amb terminis més llargs tindrem més costos financers però les quotes periòdiques podran ser més reduïdes i facilitaran obtenir més estalvis per part dels participants.
- El retorn de préstecs i aportacions té la "garantia" dels ingressos, per part de la cooperativa, associats a les quotes que pagaran les associades; aquest concepte pot assimilar-se al conegut com a "project finance", si bé els marges són molt més ajustats, tindrem certs riscos d'impagament per part d'alguns socis i les despeses d'anàlisi del projecte (due diligence) han de ser molt acotades

Resum d'opcions i escenaris

- D'entrada, les fórmules que s'adoptin han de poder prescindir de la presentació d'aval, ja que, en general, ni la comunitat ni els seus socis estaran en disposició d'aportar-los, i sol·licitar-ne seria una barrera d'entrada, infranquejable en molts casos.

- L'estructuració financera ha d'incloure la cobertura del cost de l'IVA de la inversió (21%) fins que se n'obtingui la devolució per part d'Hisenda i, si n'hi ha, l'import corresponent a la subvenció, que no es cobra fins al cap d'entre 6 i 18 mesos a comptar des de la tramesa de la documentació de justificació. (L'accés a bestreta de la subvenció sense aval sol requerir de justificar que es duen a terme activitats de cooperació internacional).

L'estructuració del finançament del projecte és un pas imprescindible per construir-ne el pla de viabilitat, ja que, segons com es financi el projecte, els costos financers seran uns o uns altres. Bàsicament, com en d'altres projectes de les CCEE tindrem tres-quatre vies principals de finançament:

- Subvencions.
- Fons propis.
- Préstecs de tercers (deute).
- Altres: els CAE.

8.5.1 Subvencions

Les subvencions públiques a la inversió, en molts casos, estan essent un motor important per a l'impuls dels projectes per part de les CCEE. Els diferents programes d'ajuts derivats dels fons Next Generation hi han contribuït decisivament (ajuts ICAEN, CEImplementa i Proyectos INNOVADORES de l'IDAE, principalment, amb imports que han anat del 30 al 60%). En el moment present, trobant-nos a les darreries del calendari de disposició d'aquests fons europeus, hi ha una important incertesa en relació als ajuts més estructurals que hi pugui haver en els propers anys. Per una banda, i tal com hem vist, els ajuts semblen de moment importants per a la viabilitat dels projectes amb bateries, però per altra també constatem la necessitat que té l'estat d'incentivar la inversió en emmagatzemament de cara a reforçar l'estabilitat de la xarxa. Hem de pensar, doncs, que d'alguna manera hi haurà una continuació en els programes d'ajuts, però per altra banda hem de tenir molt clar també que, almenys a mitjà termini, hem de tendir a evitar la dependència dels ajuts i no condicionar-hi les nostres actuacions, en tant que CCEE.

En qualsevol cas, quan parlem de subvencions hem de tenir present tots els tràmits de sol·licitud, requeriments d'esmena previs a l'adjudicació, gestió de dubtes, de modificacions i de possibles pròrrogues, així com tot el procés de justificació final i cobrament. Es tracta de tramitacions feixugues i en les quals un error pot traduir-se en pèrdua parcial o total de l'ajut. Cal, doncs, considerar l'opció de cercar suport en alguna de les entitats que ofereixen aquest servei, algunes de les quals treballen a èxit.

8.5.12 Fons propis

Idealment, finançar els projectes amb fons propis és la millor via de finançament, ja que tindrem costos financers reduïts i endeutament més baix. També pot ser requisit d'una entitat amb qui es negociï un préstec que una part del projecte es financi amb fons propis, si bé les entitats que actualment ho fan, accepten d'assimil·lar les subvencions rebudes a l'equivalent a fons propis.

Per naturalesa, les CCEE solen arrencar amb fons propis molt febles, principalment associats al capital inicial que aporten les associades. Tot i això tenim algunes eines per a captar fons propis per als projectes, per part de cooperatives. Podem contemplar: capital social, títols participatius i préstecs participatius.

El capital social es pot aconseguir mitjançant subscripció d'aportacions voluntàries al capital social per part dels propis socis o per part de noves associades que poden esdevenir sòcies col·laboradores. En acordar les aportacions poden fixar-se unes condicions específiques de retribució en funció de resultats i les condicions per a la devolució d'aquest. En qualsevol cas, l'aportació de capital no altera els drets socials (principalment de vot).

Els títols participatius són una eina relativament innovadora en el camp cooperatiu, que pot associar-se al concepte d'"obligacions" en el cas mercantil convencional. Es tracta d'un mecanisme de finançament voluntari per autofinançar una necessitat concreta buscant el suport i la implicació de l'entorn i el teixit social. Els títols participatius consten d'un valor nominal, un termini de venciment i una remuneració associada. Mitjançant l'adquisició de títols participatius, la persona o entitat que els adquireix fa un préstec a l'entitat pel valor del títol comprat perquè aquesta el pugui destinar al projecte i que li serà retornat amb les condicions prèviament establertes. La participant no té perquè esdevenir sòcia de la CE ni adquireix drets de decisió, si bé es poden regular mecanismes d'informació sobre el projecte. Aquest mecanisme s'utilitza, entre d'altres, en projectes d'habitatge cooperatiu.

Finalment disposem de la figura del préstec participatiu, que ha de fixar una retribució (interès). El finançament de projectes d'autoconsum FV amb bateries per a CE té requeriments específics:

- **Retorns lents:** Períodes d'amortització llargs (10-15 anys), amb quotes periòdiques més reduïdes.
- **Garantia dels ingressos:** El retorn dels préstecs depèn de les quotes pagades pels socis, assimilable a *project finance*, però amb marges ajustats i riscos d'impagament.
- **Absència d'aval:** Les fórmules han de prescindir de la presentació d'aval, ja que són inviables per a la majoria de CE i socis.
- **Cobertura d'IVA i subvencions:** L'estructura financera ha d'incloure la cobertura de l'IVA (21%) fins a la seva devolució i l'import de la subvenció fins al cobrament (6-18 mesos després de la justificació).

L'estructuració del finançament és imprescindible per al pla de viabilitat. Hi ha tres-quatre vies principals de finançament:

1. Subvencions: Motor important per als projectes de CE (Next Generation, ICAEN, CEImplementa, Proyectos INNOVADORES d'IDAE, amb imports del 30-60%). Hi ha incertesa sobre els futurs ajuts estructurals, però es preveu una continuïtat per la necessitat d'incentivar l'emmagatzematge. Cal considerar els tràmits feixucs i el suport especialitzat per evitar errors.

2. Fons propis: Via ideal per reduir costos financers. Les CE solen tenir fons propis febles, però hi ha eines per captar-los:

- **Capital social:** Subscripció d'aportacions voluntàries pels socis o nous associats.
- **Títols participatius:** Eina innovadora en l'àmbit cooperatiu, similar a "obligacions", per autofinançar necessitats específiques amb el suport de l'entorn. Tenen valor nominal, termini de venciment i remuneració.
- **Préstec participatiu:** Retribució (interès) mínima fixa i tram variable associat a resultats. Pot establir-se amb els socis participants, amortitzant-se i compensant-se amb les quotes periòdiques.
- Aquestes retribucions han de ser inferiors al cost de mercat, buscant la "retribució social". Cal considerar la barrera econòmica de les aportacions inicials per a famílies o entitats vulnerables, oferint solucions híbrides.

3. Préstecs de tercers (deute): Entitats bancàries convencionals gairebé no ofereixen deute a CE sense avals. Alternatives:

- **Banca ètica i banca pública:** Coop57 ha obert camí sense avals escripturats, amb interessos i terminis ajustats (amb contraaval del BEI). Fiare i Triodos també estan obertes. L'Institut Català de Finances (ICF) finança projectes amb 15 anys d'amortització, costos raonables i acceptació de subvencions com a fons propis, sense aval.
- **Crowdfunding:** Obtenció de microcrèdits de ciutadans (crowdlending), amb retorn via amortització més interessos. Requereix transparència. Normalment s'organitza a través de plataformes en línia (eCrowd, Fundeen, Watteco, etc.) amb costos associats.

4. Altres: els CAE:

- **Certificats d'Actuacions d'Estalvi Energètic (CAE):** Instrument de mercat creat pel govern espanyol per acreditar els estalvis energètics generats per actuacions d'eficiència. Permet que aquests estalvis es comptabilitzin, validin i comercialitzin com a compliment d'obligacions de reducció d'emissions de les empreses subministradores d'energia. L'autoconsum fotovoltaic amb bateries pot acollir-s'hi, ja que genera un estalvi d'energia.

Es important tenir en compte que no es pot comptar dues vegades el mateix estalvi energètic, es a dir, si una actuació ja ha rebut una subvenció pública vinculada a l'estalvi energètic (per exemple, del Programa Next Generation, IDAE, ICAEN...), no pot generar CAEs pel mateix estalvi.

8.6. Determinació de preus del servei

Després de dissenyar tècnicament la instal·lació i definir la seva viabilitat econòmica, el pas decisiu per a una comunitat energètica és establir el preu del servei que pagaran els seus socis. Aquest preu ha de cobrir els costos reals i, al mateix temps, garantir un estalvi atractiu respecte al mercat elèctric convencional.

De cara a calcular aquests preus ens hem basat en un model de simulació de mercat que hem fet adaptar a les condicions del present estudi. Es tracta d'un programa elaborat per l'empresa Zenit que calcula aquests preus, en funció de les dades tècniques del sistema, tant fotovoltaic com d'emmagatzematge, les dades de costos d'inversió, costos d'operació, manteniment i gestió de la comunitat i costos i condicions de finançament.

A partir d'aquest model presentem dos exercicis incorporant dues opcions de finançament: a) 100% fons propis i b) 40% subvenció + 60% préstec.

1. Càlcul resultant de quotes per a l'exemple concret que hem vist anteriorment.

2. Anàlisi de sensibilitat per a diferents condicions de dimensionament de la planta fotovoltaica més l'emmagatzemament.

Exemple de càlcul de quotes

Apliquem al simulador les dades corresponents a l'exemple amb què hem fet l'anàlisi de viabilitat més amunt, en dos supòsits: finançament 100% amb fons propis i combinació de préstec al 60% i subvenció al 40%. En aquest segon cas el préstec s'ha suposat a 15 anys i un interès anual del 4%. Hem analitzat els tres escenari vistos a l'apartat de viabilitat econòmica, incloent-hi l'escenari amb notables reduccions de costos en la inversió i els costos d'operació i manteniment; també s'han millorat la vida útil de la bateria (25 anys vs 20) i alguns paràmetres tècnics de la bateria.

Les hipòtesis de costos de l'electricitat pagat per l'usuari són:

P1 =	0,20	€/kWh
P2 =	0,14	€/kWh
P3 =	0,11	€/kWh
Excedents	0,05	€/kWh

Taula 15.

Taula resum de quotes socials de diferents instal·lacions.

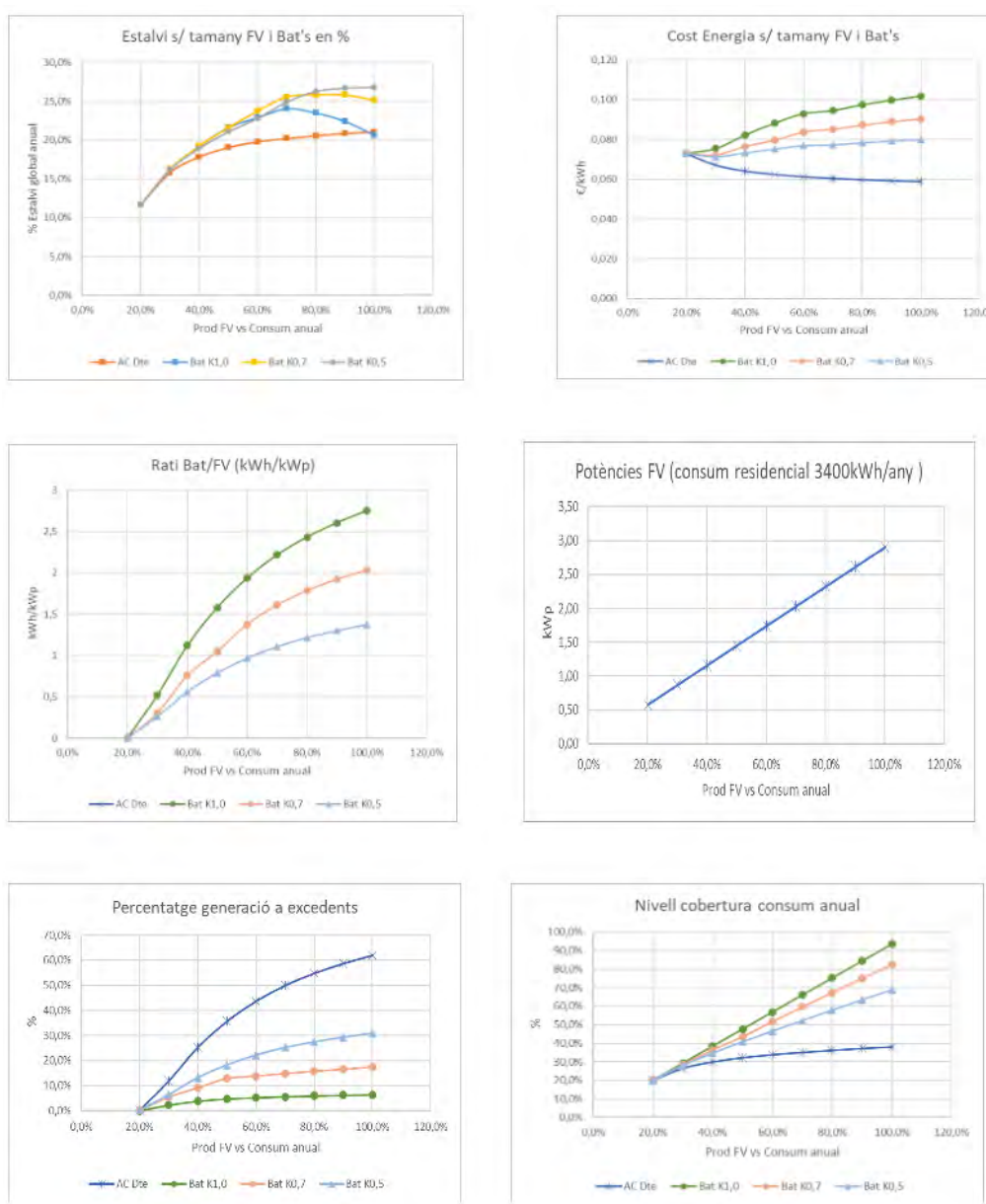
Escenari	Inversió inicial	Cobertura consum %	Quota €/kWh Finan. Fons Propis (FP)	Quota €/kWh 40% Subv + 60% préstec
Autoconsum col·lectiu sense bateries	100.000 €	33,6%	0,076	0,082
Autoconsum col·lectiu amb bateries	182.110 €	42,5%	0,118	0,122
Autoconsum col·lectiu amb bateries, baixada de preu de bateries	143.850 €	42,5%	0,084	0,097

Simulació 1 – Amb subvenció del 40% + préstec 60% a 15 anys

- Hi ha punts òptims d'estalvi quan $C_b \approx 0,7-0,8$ i K baix ($0,5-0,7$).
- Amb C_b alts (fins al 100%), la rendibilitat es manté si K és baix, perquè la retribució d'excedents ajuda a l'equilibri.
- Amb $K = 1$ (bateries grans), la cobertura s'apropa al 100% i els excedents finals baixen ($<10\%$), però l'esforç inversor penalitza la rendibilitat.

Aspectes clau: amb subvenció, bateria moderada (K baix) + FV al voltant del 70–80% de cobertura maximitza l'estalvi.

Figura 20.
Gràfics d'anàlisi de sensibilitat simulació 1



Simulació 2 – Sense cost financer (100% fons propis)

- En eliminar interessos, baixa la quota energètica i puja l'estalvi.
- Les corbes d'estalvi s'estrenyen entre K petits i grans; la bateria gran (K = 1) queda menys penalitzada.

Lectura clau: si la CE pot invertir amb fons propis, puja la tolerància a bateries més grans; tot i així, K moderat continua sent eficient.

Figura 21.
Gràfics d'anàlisi de sensibilitat simulació 2



Simulació 3: no retribució dels excedents.

Què passa?

- La bateria gran (K = 1) esdevé comparativament més beneficiosa.
- Òptim clar amb $C_b \approx 0,7$: cobreixes sobretot hores punta/plana; quan forces més FV per cobrir hores vall, la rendibilitat cau.

Lectura clau: si els excedents no es paguen, convé desplaçar la demanda en hores punta, generalment, fora d'horari de radiació, amb més bateria i dimensionar FV al voltant del 70% de cobertura.

Figura 22.
No retribució d'excedents

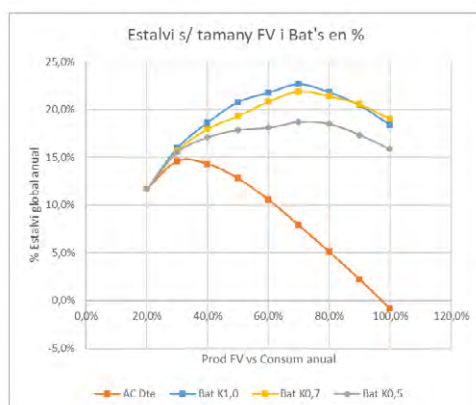
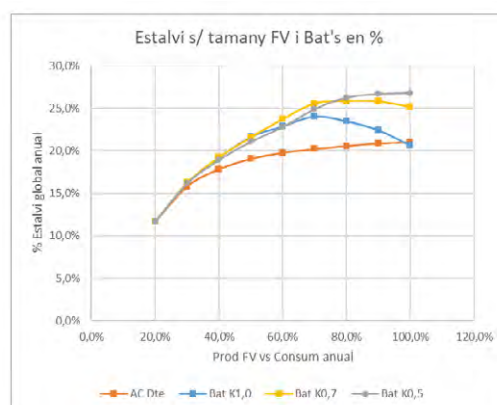


Figura 23.
Excedents retribuïts



8.7. Requeriments específics dels emplaçaments per a sistemes d'emmagatzematge

La selecció i preparació de l'emplaçament és fonamental per a la seguretat, eficiència i sostenibilitat. Cal tenir-los en compte en la redacció del projecte i en l'acord de cessió de cobertes.

- **Accés a la derivació individual:** Necessari per a la connexió amb la xarxa o per a elements de comunicació del sistema.
- **Espai Físic Disponible:** Suficient per a bateries, inversors, equips de mesura, proteccions, cablejat, etc. Cal respectar distàncies de seguretat. El pes pot ser d'entre 5 i 20 kg/kWh (típicament 10 kg/kWh).
- **Condicions Favorables per a la Instal·lació:** Espai amb condicions idònies:
 - Ventilació adequada: Per dissipar calor.
 - Accés per al manteniment.
 - Protecció contra incendis i inundacions.
 - Baixos Nivells de Pols: Reduir l'exposició a alts nivells de pols que puguin afectar els components.
 - Temperatura: L'ús de les bateries electroquímiques a temperatures inferiors a -10°C o a superiors a 40°C , fan que el seu rendiment disminueixi significativament. Caldrà procurar, doncs, que els espais mantinguin nivells de temperatura entre 10° i 30°C .

8.8. Tramitacions tècnico-administratives

La incorporació d'un sistema d'emmagatzematge en una instal·lació d'autoconsum col·lectiu requereix complir un seguit de tràmits tècnics i administratius que assegurin la seguretat, la legalitat i el correcte funcionament de la instal·lació:

1. Marc legal general (RD 244/2019, art. 5):

Les bateries són permeses en instal·lacions d'autoconsum sempre que compleixin la normativa de seguretat i qualitat industrial. Si s'incorporen a una instal·lació ja legalitzada, cal modificar-ne la legalització.

2. Tramitació a Catalunya:

- RITSIC (Registre d'Instal·lacions de Seguretat Industrial): Declaració responsable de baixa tensió (nova instal·lació, modificació o baixa) mitjançant el Canal Empresa.
- RAC (Registre d'Autoconsum de Catalunya): Autorització d'explotació definitiva de la instal·lació fotovoltaica, també a través del Canal Empresa.
- La responsabilitat formal recau sobre la **comunitat energètica com a titular**, encara que habitualment els tràmits els fan l'instal·lador, la direcció d'obra o una consultora.

3. Instal·lacions > 15 kW:

Cal **sol·licitar permisos d'accés i connexió** a la xarxa de distribució (art. 33 RD 244/2019 i Circular CNMC 1/2021). En la sol·licitud s'ha d'indicar la capacitat d'emmagatzematge.

4. Novetats normatives (Circular CNMC 1/2024):

- S'ha d'indicar expressament si es preveu carregar les bateries des de la xarxa.
- Les distribuïdores hauran d'incloure informació sobre la demanda associada a aquestes càrregues.
- Aquests canvis obren la porta a nous usos, com l'**agregació de la demanda** o oferir **serveis de balanç** a la xarxa, tot i que encara són procediments en fase inicial.

8.9. Incorporació de sistemes d'emmagatzematge en instal·lacions d'autoconsum fotovoltaic ja existents

Les comunitats energètiques que ja disposen d'instal·lacions d'autoconsum poden voler incorporar sistemes d'emmagatzematge per millorar la gestió energètica i l'autonomia. En aquests casos, cal considerar quatre aspectes clau: **inversors de corrent, sistema de control energètic, ubicació dels equips i tramitació administrativa**.

1. Inversors de corrent:

La normativa actual (RD 244/2019) estableix que, si hi ha més d'un inversor, la potència total és la suma de les potències nominals. Això pot limitar la legalització si la instal·lació supera els **100 kWh**, límit per a la compensació simplificada d'excedents.

Les possibles solucions són:

- **Afegir un inversor per a bateries** i incorporar un **sistema antiabocament** per limitar la potència total a 100 kWh, tot i que la seva acceptació depèn de la interpretació administrativa.
- **Substituir l'inversor existent per un d'híbrid**, amb el consegüent recalcul elèctric i sobrecost.
- **Legalitzar la planta com a instal·lació de més de 100 kWh**, sense compensació d'excedents, venent-los al mercat majorista i gestionant-ne el repartiment intern.

2. Sistema de control energètic:

És imprescindible que el sistema de gestió energètica sigui **compatible amb l'existent** i permeti el control segur i eficient de la càrrega i descàrrega de les bateries. Caldrà afegir sensors i elements de seguretat per complir amb les condicions tècniques i normatives de connexió.

3. Ubicació dels equips d'emmagatzematge:

Abans d'instal·lar les bateries, s'ha d'avaluar si l'**espai disponible** en la instal·lació actual és adequat o si caldrà habilitar-ne un de nou proper, evitant al màxim modificar la infraestructura elèctrica existent.

4. Tramitació administrativa:

Tot canvi en la configuració de la instal·lació requereix **actualitzar la documentació tècnica i legal**. A més, s'esperen **modificacions normatives** importants: la nova **Directiva (UE) 2024/1711** preveu integrar l'emmagatzematge com a unitat generadora d'autoconsum i permetre una participació més activa a la xarxa, i la futura revisió del **RD 244/2019** adaptarà el marc estatal a aquesta nova realitat.

8.10. Captació de persones sòcies o usuàries

Les comunitats energètiques que ja gestionen projectes d'autoconsum hauran desenvolupat estratègies per captar socis i explicar els avantatges del model compartit. Tot i això, sovint s'han trobat amb dificultats per fer entendre els beneficis reals i amb certa decepció per l'estalvi econòmic limitat.

La incorporació de bateries suposa un salt qualitatiu, ja que millora la cobertura de l'autoconsum, fa més atractiu el projecte per a nous usuaris –especialment aquells amb consums fora de les hores solars– i reforça la sostenibilitat energètica del conjunt.

Tanmateix, aquests sistemes comporten més complexitat tècnica i de gestió, per la qual cosa serà necessari reforçar la formació dels equips promotors i tècnics de les comunitats per garantir-ne una implementació i gestió eficients.

8.11. Elecció i contractació del sistema d'informació i operació

Aquest apartat fa referència al sistema informàtic i d'operació necessari per a la **gestió integral d'una instal·lació d'autoconsum col·lectiu amb emmagatzematge**, que complementa –sense substituir– les funcions pròpies de l'EMS descrites anteriorment.

En aquesta fase, el sistema ha de permetre **monitorar i gestionar els fluxos energètics** de manera global, integrant tres blocs d'informació essencials:

1. Generació fotovoltaica, amb dades en temps real i previsions meteorològiques per anticipar estratègies de càrrega i descàrrega.

2. Consums individuals i agregats, obtinguts a partir de fonts com *Datadis* o mitjançant comptadors intel·ligents amb lectura remota, que permeten més precisió i control en temps real.

3. Preus de l'energia, per optimitzar econòmicament la gestió, especialment si es pot carregar la bateria en hores de baix cost.

Aquest sistema ha de permetre definir i actualitzar els **coeficients de repartiment** (fixos o horaris) i proporcionar una **plataforma de transparència per als socis**, mostrant els fluxos d'energia, els estalvis obtinguts i l'impacte ambiental.

En resum, aquest sistema informàtic actua com a **eina de suport operatiu i de comunicació interna** per a la comunitat energètica, assegurant un funcionament eficient, transparent i participatiu de la instal·lació amb bateries.

8.12. Procés de licitació de l'execució de les obres

En aquesta fase final del projecte, un cop aprovat el pla de viabilitat, el finançament, les quotes i el compromís dels socis, s'inicia la licitació de les obres d'execució. L'objectiu és definir amb precisió les actuacions tècniques i administratives necessàries i contractar un instal·lador qualificat sota condicions clares de qualitat, termini i cost.

El projecte executiu ha d'incloure tots els documents tècnics i econòmics (memòria, plànols, amidaments, pressupostos i plecs de condicions).

Els plecs generals han de recollir aspectes com: objecte i abast del contracte, marc legal, durada i garanties, criteris d'adjudicació, condicions d'accés a l'obra, seguretat i resolució de conflictes.

Els plecs particulars han de detallar les especificacions tècniques dels components fotovoltaics i d'emmagatzematge (seguint el Reglament UE 2023/1542), sistemes de comunicació i monitorització, programa d'execució, proves de recepció i formació del personal responsable.

Un aspecte a decidir és si es licita l'operació i manteniment (O&M) a part o al mateix instal·lador. En els criteris d'avaluació, es recomana incloure, a més del preu, criteris com la millora de garanties, l'experiència en instal·lacions similars, la proximitat, i aspectes socials (igualtat de gènere, inclusió de col·lectius vulnerables).

L'experiència en emmagatzematge pot ser escassa en molts instal·ladors, per la qual cosa es pot avaluar la col·laboració amb experts. És possible contractar la part fotovoltaica i la d'emmagatzematge per separat si l'abast està ben delimitat i hi ha una direcció d'obra atenta.

A més de l'execució física, es recomana contractar una empresa gestora o tècnic especialitzat que s'encarregui de:

- Programar de forma òptima la gestió de la bateria (càrrega/descàrrega) en funció de preus, radiació i consums.
- Ajustar i verificar els coeficients de repartiment entre socis segons l'evolució real dels consums i de la generació.
- Supervisar la producció i el rendiment del sistema fotovoltaic i d'emmagatzematge.
- Comprovar la correcta aplicació del balanç net individual i la compensació d'excedents, garantint transparència i eficiència econòmica.

Aquesta figura de gestió és essencial per assegurar el bon funcionament energètic, tècnic i econòmic de la instal·lació col·lectiva a llarg termini i per maximitzar-ne els beneficis per a tots els participants.

9.

Un cas pràctic: el mercat
de la Sínia de Sant Pere
de Ribes

9. Un cas pràctic: el mercat de la Sínia de Sant Pere de Ribes

9.1. El cas de Sant Pere de Ribes

L'Ajuntament de Sant Pere de Ribes ha impulsat diverses instal·lacions fotovoltaïques d'autoconsum compartit a les cobertes d'edificis municipals, amb la finalitat de subministrar energia tant als propis equipaments com a la ciutadania.

En aquest estudi s'analitza específicament el projecte del Mercat de la Sínia, amb l'objectiu d'avaluar el dimensionament òptim de les bateries i el seu impacte en els estalvis econòmics dels consumidors. L'anàlisi parteix sempre del dimensionat global de la instal·lació, buscant maximitzar l'autoconsum i minimitzar els excedents, i definir un esquema de repartiment que respecti tant els interessos de la ciutadania com els de l'Ajuntament.

El projecte és ambiciós i està compost de les següents instal·lacions.

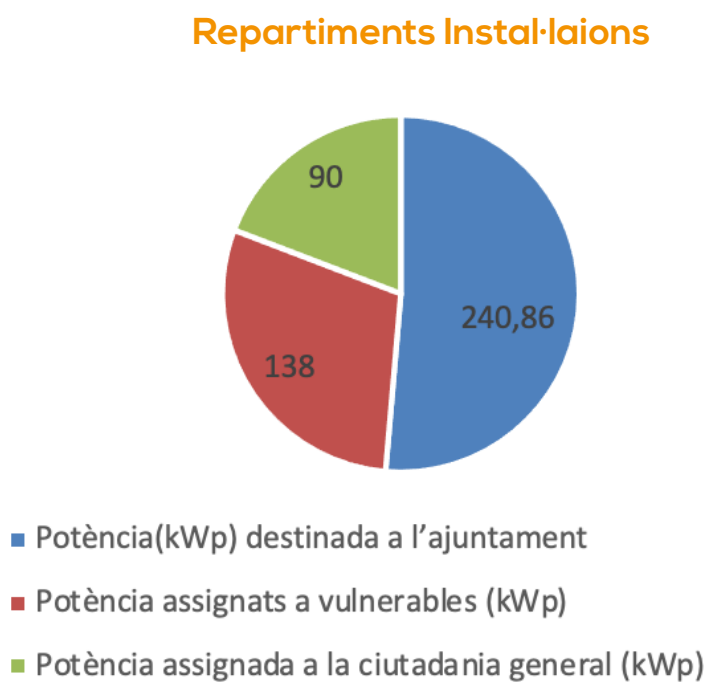
Taula 16.
Instal·lacions de Sant Pere de Ribes.

RESUM	Potència instal·lada (kWp)	Potència (kWp) destinada a l'ajuntament	Nombre d'usuaris Vulnerables (kWp)	Potència assignada a vulnerables (kWp)	Nombre d'usuaris de categoria general	Potència assignada a la ciutadania general (kWp)
Pista coberta Ribes	121,6	61,6	36	36	24	24
Mercat de la Sínia	70,5	35,5	21	21	14	14
Piscines de Ribes (Espai Blau)	100,4	50,4	30	30	20	20
Aulari Blanc	38,64	20,64	11	11	7	7
Llar d'infants Els Tres Pins	39,56	21,56	11	11	7	7
St. Eulàlia	54	28	16	16	10	10
CEIP El Pi	44,16	23,16	13	13	8	8
Total instal·lacions	468,86	240,86	138	138	90	90

Per tant, aquestes instal·lacions donaran servei a edificis municipals amb un 51,4 % a consumidors vulnerables en un 29,4 % i un 19,2 % a la ciutadania en general. Donant servei a un total de 228 famílies de Sant Pere de Ribes, amb una aportació aproximada de més de 300 MWh anuals.

Figura 24.

Gràfic de repartiments de potències del total de les instal·lacions.



9.2. Dades de la instal·lació fotovoltaica mercat de la Sínia

Taula 17.

Característiques de la instal·lació del Mercat de la Sínia.

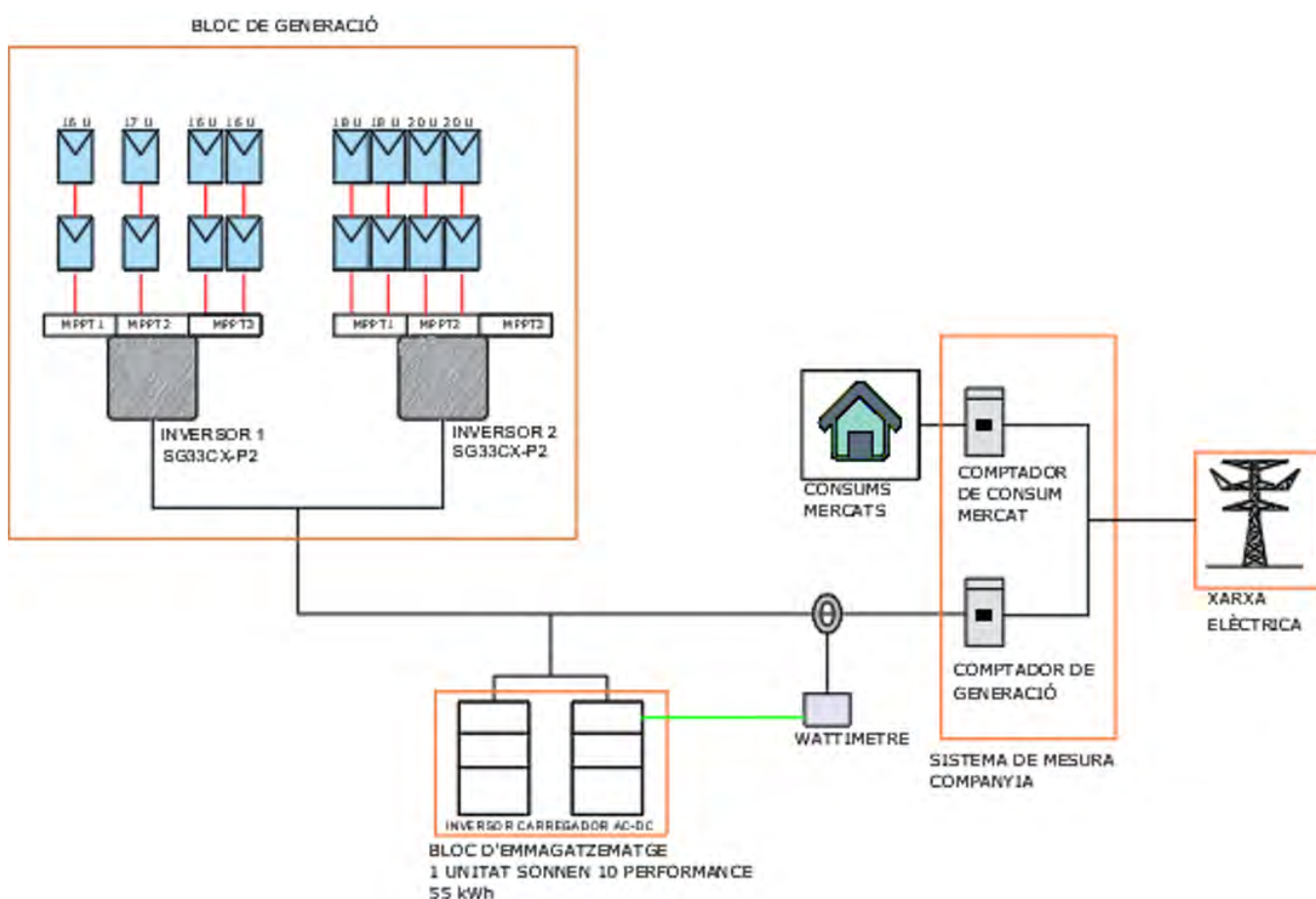
INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AUTOCONSUM	
Producció anual estimada	92.709,65 kWh
Pressupost, abans d'IVA	103.959,50 €
MÒDULS	
Potència FV instal·lada total	70,5 kWp
Potencia Placa	500 Wp
Núm. Placa FV	141
Estructura	Coplanar a coberta, SUD-EST
Inclinació	7º
Superfície Fotovoltaica Total	334,66 M2
INVERSORS	
Núm. inversors totals	2 trifàsic
Marca/model	Sunrow SG33CX-P2
	Sunrow SG33CX-P2
Potència Nominal Total Instal·lació	69 kWp
Tensió / Freqüència nominal AC OUT	400V / 50Hz
Control Generació-Consum/Monitoratge	Huawei DTSU666-H 250A/50mA / Huawei Smartlogger3000A
BATERIES	
Nombre de mòduls	1
Marca i model	SonnenBatterie 10 performance 10p/55
Energia utilitzable dels mòduls	50 kWh
Potència total del sistema	8 kW
Configuració	2 CABINETS EN CASCADA

9.3. Configuració del sistema

La instal·lació del Mercat de la Sínia és un sistema d'autoconsum col·lectiu amb emmagatzematge integrat que combina generació fotovoltaica, bateries i connexió a la xarxa elèctrica. Disposa de dos inversors trifàsics que gestionen la producció solar i una bateria SONNEN de 55 kWh amb inversor-carregador bidireccional, que permet acumular els excedents i utilitzar-los en hores sense sol. El sistema incorpora comptadors de generació i consum per al control i compensació d'energia, i un wattímetre per monitorar els fluxos energètics.

Figura 25.

Esquema de la instal·lació del Mercat de la Sínia.



9.4. Estat actual

9.1.1 Legalització

Actualment, la instal·lació fotovoltaica està en funcionament i està legalitzada per autoconsum compartit amb dues instal·lacions de titularitat municipal. El mateix mercat de la Sínia i les oficines de l'Ajuntament.

Actualment, no hi intervé la ciutadania i les bateries estan fora de servei. No existeix cap sistema EMS pel repartiment intel·ligent de l'energia.

L'Ajuntament va crear unes bases reguladores per la concessió d'ús de les instal·lacions d'Energia Renovable situades en equipaments Municipals de Sant Pere de Ribes, que donaran dret a l'ús de l'energia produïda per 1 kWp de les instal·lacions i a una plataforma de gestió de l'energia.

Els usuaris generals pagaran una taxa municipal per l'ús d'aquest servei.

Es defineixen dos tipus d'usuaris, els usuaris Tipus "A", que estan definits com a "vulnerables" amb criteris definits en les bases i validats pels serveis socials del consistori. Aquest tipus d'usuari estarà exempt de pagar la taxa.

Els usuaris Tipus "A" general, que seran usuaris de caràcter general i hauran d'abonar l'anualitat en forma de taxa municipal.

Els usuaris com a màxim podran usar la instal·lació durant 4 anys i després s'haurà de tornar a obrir unes noves bases.

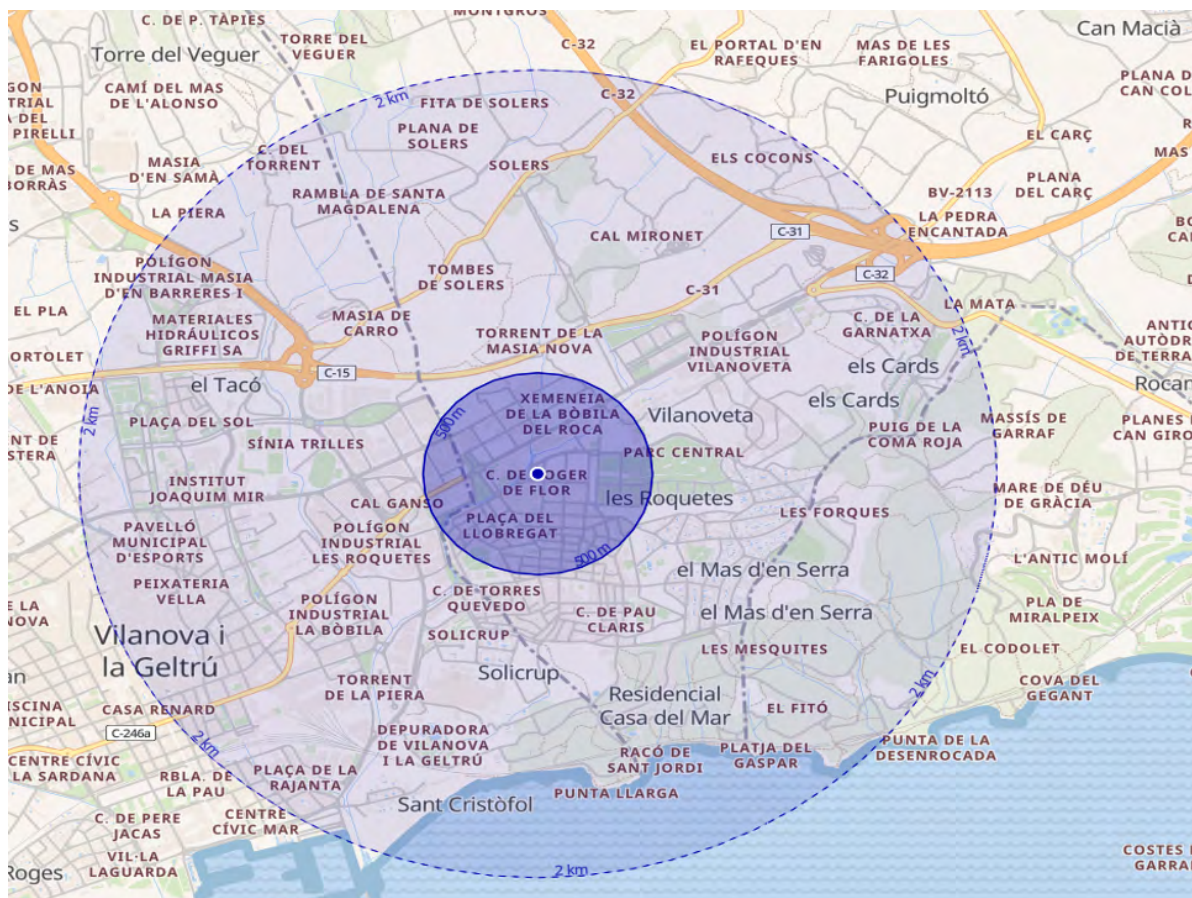
El repartiment de la instal·lació segons l'establert per l'ajuntament serà distribuït de la següent manera:

Taula 18.
Repartiment previst del Mercat de la Sínia.

			Potència (kWp)		Potència (kWp)	
			1		1	
INSTAL·LACIÓ	Potencia instal·lada	Potència (kWp) destinada a l'Ajuntament	Nombre d'usuaris Tipus "A" assignats a vulnerables	Potència Tipus "A" assignats a vulnerables	Nombre d'usuaris Tipus "A" assignats a ciutadania general	Potencia Tipus "A" assignats a ciutadania en general
Mercat de la Sínia	70,5	35,5	21	1	14	1

Els usuaris residencials, hauran d'estar com a màxim a 2 km de la instal·lació per poder optar al repartiment, emmarcat en la següent figura.

Figura 26.
Mapa autoconsum compartit Consell Comarcal d'Osona.



9.5. Escenaris d'estudi

En l'anàlisi de la instal·lació del Mercat de la Sinya s'han estudiat dos escenaris de repartiment energètic per avaluar diferents maneres de combinar l'energia fotovoltaica directa amb la procedent de les bateries, tant per a edificis municipals com per a la ciutadania.

- **Escenari 1:** L'edifici municipal Vinya d'en Petaca utilitza el 100% de l'energia fotovoltaica directa, ja que el seu alt consum li permet aprofitar tota la generació sense necessitat de bateries. En canvi, els usuaris residencials combinen energia solar directa amb energia emmagatzemada per cobrir el consum en hores no solars.
- **Escenari 2:** Es planteja un model més equilibrat, on tant els edificis municipals (Piscines, Aulari Blanc, Teatre-cine) com els habitatges fan servir 50% d'energia directa i 50% d'energia de bateries. També s'analitza el cas teòric amb 100% d'energia procedent d'emmagatzematge per comparar resultats.

Aquests escenaris permeten identificar els avantatges i limitacions de cada model en termes de resiliència energètica, eficiència del sistema i dependència de l'emmagatzematge per garantir la cobertura de la demanda.

ESCENARI 1:

Taula 19.
Taula resum escenari 1

	ENERGIA FOTOVOLTAICA DIRECTA	ENERGIA PROCEDENT DE LA BATERIA
EDIFICIS MUNICIPALS: Vinya d'en Petaca	50%	0 %
CIUTADANIA Perfil mitjà de Roquetes	50%	100%

ESCENARI 2

Taula 20.
Taula resum escenari 2

	ENERGIA DIRECTA	ENERGIA BATERIA
EDIFICIS MUNICIPALS: Piscines de Roquetes Aulari Blanc Teatre-cine Roquetes	50%	50 %
CIUTADANIA Perfil mitjà de Roquetes	50%	50%

9.6. Anàlisi de les corbes de consum

9.1.2 Edificis municipals

Les corbes de consum s'han obtingut del programa SIE d'Inergy (del 1/2/2023 al 31/1/2024), desglossades anualment i per trimestres. Aquesta anàlisi és fonamental per dimensionar les instal·lacions FV i la conveniència de l'emmagatzematge. També és imprescindible per dissenyar estratègies òptimes de repartiment, basades en criteris com l'estalvi econòmic màxim, la igualtat en el repartiment, la cobertura mínima garantida, o la màxima evitació d'excedents.

- **Teatre-cine:** Consum anual de 43.947 kWh. Consum principal de 10h a 22h, amb màxim de 15-20 kWh de 16h a 21h. Consum més elevat a l'estiu i hivern per climatització. Molt idoni per a l'ús de bateries.
- **Aulari Blanc:** Consum anual de 24.346 kWh. Pics de 8h a 20h, amb màxim de 12-14h.

- **Vinya d'en Petaca (Ajuntament):** Consum anual de 543.110 kWh. Molt elevat amb forta estacionalitat i consum base alt. Consum excessiu, especialment en climatització i hores nocturnes, necessitant molta energia FV, però també la identificació i reducció d'aquests consums elevats.
- **Corbes de consum de la ciutadania:** Anàlisi de patrons de consum d'habitatges basats en la corba de consum mitjà del 2024 de *Datadis* (codi postal 08812, residencial). El consum anual mitjà per a 35 habitatges és de 89.600 kWh.

9.7. Esenari d’estudi 1. La Vinya d’en Petaa

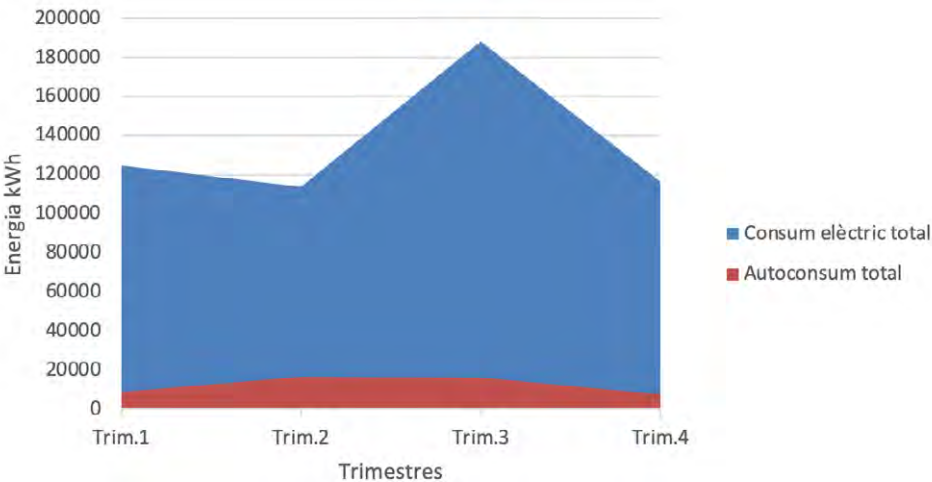
ESCENARI 1:

Taula 21.
Repartiments escenari 1.

	ENERGIA FOTOVOLTAICA DIRECTA	ENERGIA PROCEDENT DE LA BATERIA
EDIFICIS MUNICIPALS: Vinya d’en Petaca	50%	0 %
CIUTADANIA Perfil mitjà de Roquetes	50%	100%

En l’Escenari 1, l’anàlisi se centra en l’edifici municipal Vinya d’en Petaca, que presenta un consum molt elevat i constant al llarg de l’any (543.110 kWh/any). Aquesta alta demanda fa que l’edifici absorbeixi el 50% de l’energia fotovoltaica generada (50.044 kWh/any), aconseguint un autoconsum total i sense generar excedents, fet que invalida la utilitat d’una bateria en l’àmbit municipal.

Figura 27.
Gràfic de cobertura de consum de l’edifici de la Vinya d’en Petaca.

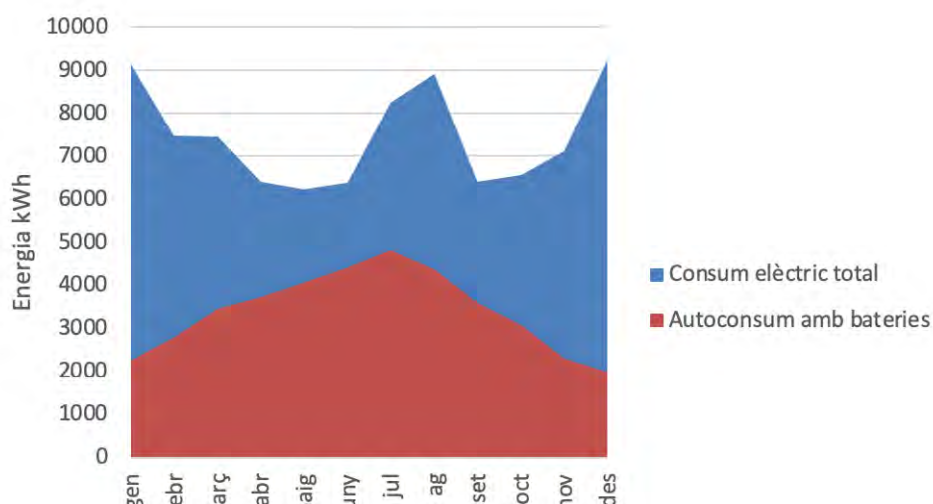


En el cas de la ciutadania, si se li assignés el 50% de l'energia sense l'ús de la bateria, els excedents serien molt superiors arribant a uns **16.784 kWh/any**.

Per aquest motiu, es considera més adient destinar el 100% de la capacitat de la bateria a la ciutadania, que sí que pot aprofitar els excedents de generació per carregar-la i millorar així la seva eficiència energètica.

Gràcies a aquesta decisió, la ciutadania aconsegueix augmentar el seu grau d'autarquia energètica del 37,12% (sense bateries) fins al 46,87% (amb bateries). L'ús de la bateria permet assolir valors d'autoconsum d'un 85,1%.

Figura 28
Cobertura de consum de la ciutadania amb el 100% de la bateria

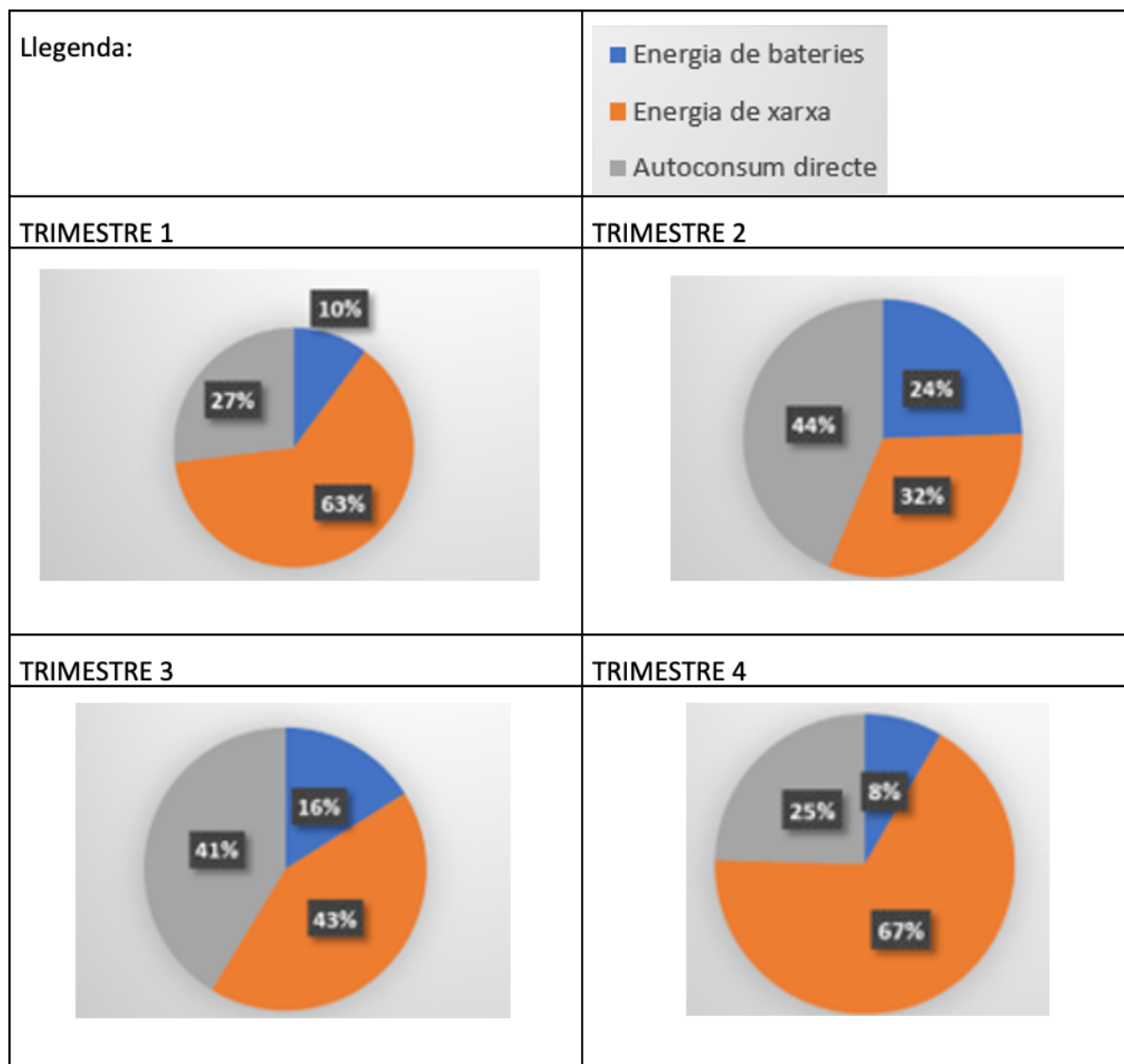


Es comprova que el consum de la ciutadania és molt estacional degut principalment a la climatització amb pics al desembre i gener, per l'ús de la calefacció i al juliol i agost per l'ús de la climatització. L'autoconsum amb bateries cobreix una part important del consum elèctric, especialment durant els mesos d'estiu.

9.1.3 Repartiment de l'energia lliurada a la ciutadania

Els gràfics presenten la procedència de l'energia que abasteix el consum dels ciutadans, segmentada en tres orígens principals, Autoconsum directe, energia procedent de les bateries i Energia procedent de xarxa.

Figura 29
Distribució segons procedència del consum del ciutadà per trimestres.



La bateria, en aquest escenari, cobra tot el seu sentit al servei de la ciutadania, mentre que l'edifici municipal això no passarà ja que no tindrà excedent per carregar bateries.

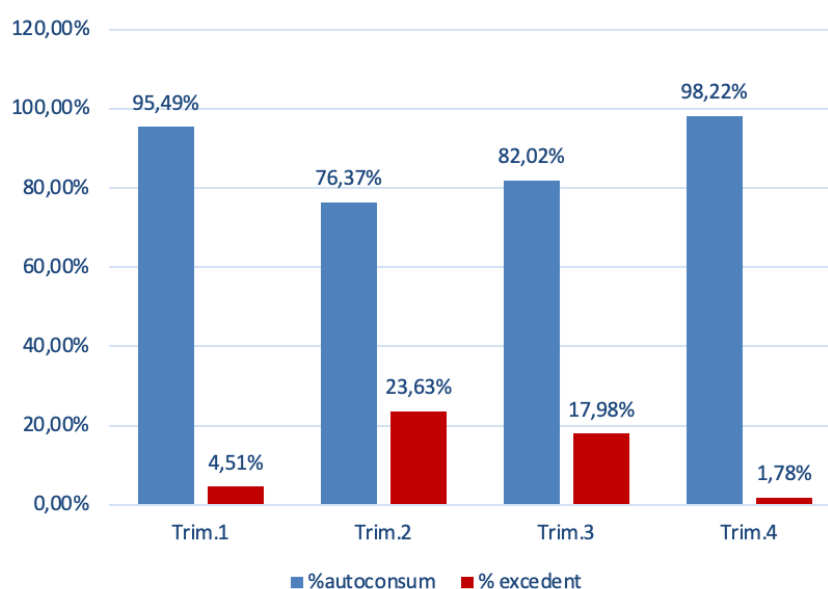
9.8. Excedents de la ciutadania

El gràfic analitzat mostra com la producció solar ciutadana genera excedents importants durant els trimestres 2 i 3, coincidint amb els mesos de màxima irradiació. En lloc d'injectar aquests 6.909 kWh excedentaris a la xarxa, es proposa redirigir-los cap a l'edifici de l'Ajuntament, que podria autoconsumir-los directament.

Aquesta solució permet un aprofitament integral de l'energia produïda, reduint pèrdues i millorant l'eficiència global del sistema. Els ciutadans obtenen un estalvi addicional de 124 €/any, mentre que l'Ajuntament estalvia 843 €/any, gràcies a l'ús directa de l'energia produïda.

En conjunt, el model plantejat afavoreix un repartiment més equitatiu i col·laboratiu de l'energia, optimitza l'ús de les bateries i impulsa una gestió energètica comunitària més eficient i solidària.

Figura 30
Excedents i autoconsum per trimestres.



La ciutadania cedirà la quantitat de 3955,65 kWh en excedents al trimestre 2 i de 2.953,89 kWh al trimestre 3, que representen un total de 6.909,54 kWh/any.

9.8.1 Estalvis

En aquest escenari, tota l'energia emmagatzemada a les bateries s'assigna a la ciutadania, que n'obté el màxim benefici directe. Els excedents de generació dels mesos amb més irradiació (T2 i T3) es destinen a l'Ajuntament per autoconsumir-los directament, aprofitant plenament els recursos energètics i reduint pèrdues.

Aquest model maximitza l'impacte social, energètic i econòmic, generant estalvis significatius tant per als usuaris com per a l'administració local.

9.1.4.1 Estalvi per a la ciutadania

- **Consum anual:** 89.600 kWh
- **Autoconsum:** 41.997 kWh ($\approx 47\%$)
- **Taxa municipal:** 58,92 Euros (No subjecte a IVA).
- **Estalvi energètic directe:** 5.311,80 €
- **Estalvi total amb impostos (IVA + impost elèctric):** 6.755,89 €/any

Taula 22.
Resum Estalvis ciutadania

Concepte	Import (€)
Import factura sense autoconsum (sense impostos)	11.350,13
Import factura amb autoconsum (sense impostos)	6.038,32
Estalvi energètic	5.311,80
Estalvi impost elèctric (5,11269%)	271,52
Estalvi en IVA (21%)	1.172,51
Estalvi total a la factura (considerant impostos)	6.755,89

Impacte social per tipus de consumidor

Taula 23.
Resum ciutadania per cada consumidor

Tipus de consumidor	Estalvi anual (€)	% Estalvi (energia + impostos)
Consumidor vulnerable	193,02	46,8%
Consumidor general	134,11	32,5%

9.1.4.2 Estalvi per a l'Ajuntament

- **Consum anual:** 543.110 kWh
- **Autoconsum:** 56.953 kWh ($\approx 10,5\%$)
- **Estalvi energètic directe:** 5.812,63 €
- **Estalvi total amb impostos:** 7.392,88 €/any

Taula 24.
Resum estalvi ajuntament escenari 1

Concepte	Import (€)
Import factura sense autoconsum (sense impostos)	54.220,00
Import factura amb autoconsum (sense impostos)	48.407,00
Estalvi energètic	5.812,63
Estalvi impost elèctric (5,11269%)	297,18
Estalvi IVA (21%)	1.283,06
Estalvi total a la factura (considerant impostos)	7.392,88

9.1.4.3 Conclusions escenari 1

Taula 25.
Resum escenari 1.

	Ciudadania (35 usuaris)	Equipament municipal (Vinya d'en Petaca)	Conjunt instal·lació
Consum (abans d'instal·lació) (kWh/any)	89.600,00	543.110	632.710
Producció assignada (kWh/any)	43.134,46	56.953,54	100.088
Autoconsum directe (kWh/any)	33.240,9	56.953	90.193,9
Autoconsum de bateria (kWh/any)	8.756,1	0	8.756,1
Excedent total (kWh/any)	552	0	552
Energia de xarxa (kWh/any)	47.603	486.157	533.760
Estalvi anual (€)	6.755,89	7392,88	14.148,77
% autoconsum	97,24%	100%	98,9%
% excedents	1,28%	0%	0,55%
% Estalvi ajuntament		10,72%	
% Estalvi global ciutadania	46,8%		
% Estalvi ciutadania vulnerable	46,8%		
% Estalvi ciutadania general (aplicant taxa)	32,5%		
% Estalvi total			18,07%

La bateria s'ha utilitzat de forma molt eficient per part de la ciutadania (quasi 9.000 kWh).

L'excedent és mínim, cosa que mostra una molt bona gestió de l'energia. Com s'ha dit amb anterioritat es preveu un EMS que gestioni la bateria, si es realitzés l'abocament a xarxa de la bateria en períodes horaris aquest aprofitament seria pitjor.

Malgrat no tenir accés a bateria, l'equipament públic ha aconseguit un estalvi elevat, ja que és capaç d'auto-consumir el total de l'energia sense generar excedent.

9.9. Escenari d'estudi 2: Tres edificis municipals amb consums complementaris

Taula 26.
Repartiment escenari 2

	ENERGIA DIRECTA	ENERGIA BATERIA
EDIFICIS MUNICIPALS: Piscines de Roquetes Aulari Blanc Teatre-cine Roquetes	50%	50 %
CIUTADANIA Perfil mitjà de Roquetes	50%	50%

Aquest segon cas d'estudi analitza tres edificis municipals amb un consum concentrat a les tardes i vespres, per tal d'avaluar la viabilitat d'aprofitar l'energia emmagatzemada a les bateries comunitàries i reduir la dependència de la xarxa en hores sense sol.

L'estudi compara tres models de repartiment de l'ús de les bateries:

1. 50/50 entre Ajuntament i ciutadania,
2. 100% destinat a l'Ajuntament, i
3. 100% destinat a la ciutadania,

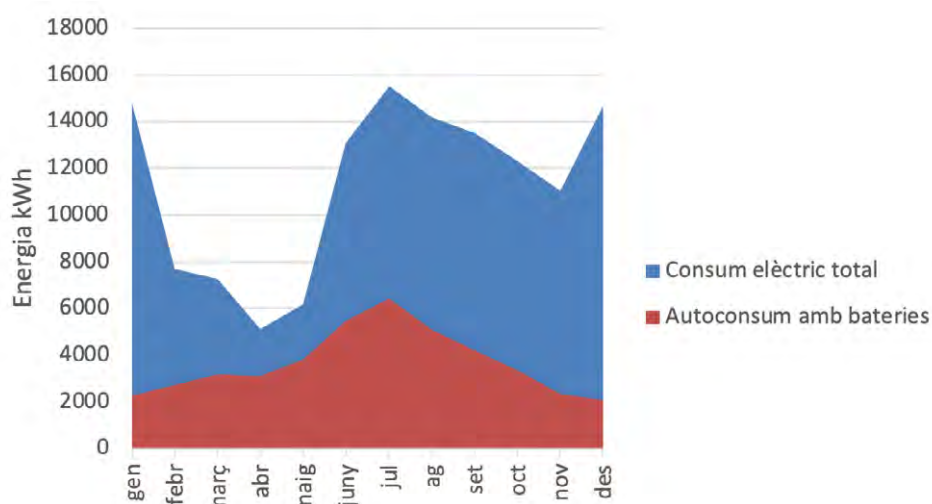
amb l'objectiu de determinar quin escenari maximitza l'eficiència energètica i l'estalvi econòmic global.

Els tres edificis seleccionats presenten consums complementaris, fet que permet optimitzar la càrrega diürna de les bateries amb els excedents solars i aprofitar l'energia acumulada per cobrir la demanda nocturna.

9.1.5 Cobertura consum ajuntament

Figura 31.

Excedent i autoconsum amb bateries respecte al consum de la ciutadania.



En aquest escenari ja s'arriben a autoconsum més elevats amb bateries i es pot optar per aquest repartiment als edificis públics, també es pot veure un fort consum al tercer trimestre.

9.1.6 Estalvis

9.1.6.1 Estalvi ciutadania

Ens basem amb els mateixos preus de l'energia que en l'escenari 1 i en la utilització del 50% de la bateria.

Taula 27.

Taula estalvi ciutadania escenari 2.

Concepte	Import (€)
Import factura sense autoconsum (sense impostos)	11.350,13
Import factura amb autoconsum (sense impostos)	6.503,18
Estalvi energètic	4846,95
Estalvi impost elèctric (5,11269%)	247,81
Estalvi en IVA (21%)	1.069,90
Estalvi total a la factura (considerant impostos)	6.164,65

Tipus de consumidor	Estalvi anual (€)	% Estalvi (energia + impostos)
Consumidor vulnerable	176,13	42,7 %
Consumidor general	117,21	28,4 %

L'estalvi total si s'entregués el 100% de l'energia de la bateria a la ciutadania seria de 7.195,30 Euros, aconseguint a un estalvi del 49,84% en vulnerables i del 35,5% al consumidor general. Augmentat l'estalvi en 1.030,65 Euros

9.1.6.2 Estalvi ajuntament

Taula 28.

Estalvi ajuntament escenari 2.

Concepte	Import (€)
Import factura sense autoconsum (sense impostos)	14.209
Import factura amb autoconsum (sense impostos)	9.619
Estalvi energètic	4.590,04
Estalvi impost elèctric (5,11269%)	234,67
Estalvi en IVA (21%)	1.013,19
Estalvi total a la factura (considerant impostos)	5.837,91

Si es proporcionés la totalitat de l'energia de les bateries a l'ajuntament aquest obtindria un estalvi de 5.973,07 euros augmentant l'estalvi en 135,16 Euros anuals.

9.1.7 Comparativa de resultats amb assignació de bateria segons escenaris

L'anàlisi comparativa entre els diferents models d'assignació de la bateria (50/50 i 100%) mostra com la distribució de l'emmagatzematge influeix directament en els nivells d'autoconsum, els excedents i els estalvis econòmics tant per a la ciutadania com per a l'Ajuntament.

9.1.7.1 Comparativa ciutadana

Taula 29.

Comparativa escenaris ciutadania

Escenari	Autoconsum de bateria	Excedent	Estalvi total	% Estalvi vulnerable / general
50/50 bateria	6.865 kWh	9.440 kWh	6.164,66 €	42,70% / 28,42%
100% bateria	8.756 kWh	7.458 kWh	7.195,30 €	49,84% / 35,56%
Diferencial	1891	1982	1.030,64 €	7,14%

Destinar la totalitat de la bateria a la ciutadania millora notablement l'autoconsum (+27%), redueix els excedents (-21%) i incrementa els estalvis econòmics en més d'un 7%.

9.1.7.2 Comparativa Ajuntament

Taula 30.

Comparativa escenaris ajuntament

Escenari	Autoconsum de bateria	Excedent	Estalvi total	% Estalvi
50/50 bateria	4.187,6kWh	6.010,7 kWh	5837,91 €	32,3%
100% bateria	5.464,5 kWh	4.679,1kWh	5973,07 €	33,05%
	1.276,9	1.331,60	135,16	0,75%

L'ús complet de la bateria per part de l'Ajuntament comporta una millora lleu, amb un augment de l'autoconsum del 5% i un estalvi addicional marginal (+0,75%).

Per tant podem concloure que amb l'anàlisi dels diferents escenaris de repartiment de la bateria es posa de manifest que destinar la totalitat de la capacitat d'emmagatzematge a la ciutadania és l'opció més eficient i rendible, tant des del punt de vista energètic com econòmic. Quan els veïns disposen del 100% de la bateria, poden aprofitar millor l'energia solar generada durant les hores diürnes, emmagatzemant-ne els excedents per utilitzar-los en períodes de menor producció. Econòmicament, aquest model es tradueix en un estalvi anual més elevat, especialment per als consumidors vulnerables, que poden arribar a reduir gairebé a la meitat la seva factura elèctrica.

En canvi, quan la bateria s'assigna íntegrament a l'Ajuntament, també s'observa una millora en l'aprofitament de l'energia i una reducció dels excedents, però els guanys econòmics són molt més modestos. Els edificis municipals, amb perfils de consum més estables i menys flexibles, no poden aprofitar amb la mateixa intensitat l'emmagatzematge energètic.

Així, l'estudi confirma que l'opció de concentrar la bateria en mans de la ciutadania ofereix el millor equilibri entre eficiència tècnica, estalvi econòmic i retorn social.

9.1.8 Resum escenari 2

Taula 31

Taula resum escenari 2.

	Ciutadania (35 usuaris)	Equipament municipal (Piscines, teatre i aulari)	Conjunt instal·lació
Consum (abans d'instal·lació) (kWh/any)	89.600	135.340	224.940
Producció assignada (kWh/any)	50.044	50.044	100.088
Autoconsum directe (kWh/any)	33.258	39.528	72.786
Autoconsum de bateria (kWh/any)	6.865,00	4.187,6	11.052,60
Excedent total (kWh/any)	9.440,00	6.010,7	15.450,70
Energia de xarxa (kWh/any)	49.477	91.626	141.103
Estalvi anual (€)	6.164,65	5.837,41	12.002,06
% autoconsum	80,18	87,35	83,76
% excedents	18,86	12,01	15,44
% Estalvi ajuntament		32,3	32,3
% Estalvi global ciutadania	49,84		
% Estalvi ciutadania vulnerable	49,84	—	
% Estalvi ciutadania general (aplicant taxa)	35,5	—	
% Estalvi total			36,9%

9.10 .Comparació escenari 1 vs escenari 2

Taula 32.
Comparació escenaris

Paràmetre	escenari 1 (Cessió d'excedents)	Escenari 2 (Repartiment 50/50)	Escenari 2 100% Bateria Ciutadania	Escenari 2 100% Bateria Ajuntament
Consum total (kWh/any)	632.710	224.940	Idèntic	Idèntic
Producció total (kWh/any)	100.088	100.088	Idèntic	Idèntic
Autoconsum directe (kWh/any)	90.194	72.786	—	—
Autoconsum de bateria (kWh/any)	8.756	11.052,6	8.756	5.464,5
Excedents (kWh/any)	552	15.450,7	7.458	4.679,1
Energia de xarxa (kWh/any)	534.345	141.103	—	—
% Autoconsum global	98,86%	83,76%	—	—
% Excedents	0,006%	15,44%	—	—
Estalvi total (€)	14.148,77	12.002,56	7.195,30	5.973,07
Estalvi ciutadania (€)	6.755,89	6.164,65	7.195,30	—
Estalvi ajuntament (€)	7.392,88	5.837,91	—	5.973,94
% Estalvi total	18,07%	36,92%	—	—
% Estalvi ciutadania (vuln./gen.)	46,8% / 32,5%	42,7% / 28,42%	49,84% / 35,56%	—
% Estalvi ajuntament	10,72%	32,3%	—	33,05%

9.11 Supòsits generals

L'anàlisi dels consums municipals i ciutadans de Sant Pere de Ribes permet definir un escenari energètic d'autoconsum compartit altament eficient entre l'Ajuntament i la ciutadania. A partir d'un consum municipal estimat de 847.932 kWh/any i una generació fotovoltaica de 325.161 kWh, s'identifica un coeficient de cobertura (Cb) d'aproximadament 0,4, mentre que per a la ciutadania, amb una demanda de 583.680 kWh/any i una generació de 307.800 kWh, el Cb s'eleva fins a 0,5.

Aplicant els factors explicats en capítols anteriors obtindríem els següents resultats.

Taula 33.

Taula supòsits amb totes les instal·lacions

Consumidor	Consum kWh/any	Generació kWh/any	<u>Cb(generacióFv</u> <u>/consum electric</u> <u>total)</u>	Excedents (taula) %	Excedents kWh/any	Cap. Bateria kWh k=0,7	Cap. Bateria kWh k=0,5	Cap. Bateria kWh k= 1,5
Ajuntament	847.931,77 (11 CUPS de 27 totals)	325.161	0,38 (0,4)	30 %	975.48,3	187	133	400
Ciudadania	583.680	307.800	0,53 (0,5)	35 %	107.730	207	147	442

En aquesta taula s'apliquen els coeficients explicats a l'apartat 9 d'aquest treball

Els excedents estimats són de 97.548 kWh/any (30%) per a l'Ajuntament i 107.730 kWh/any (35%) per a la ciutadania. No obstant això, si s'inclouen tots els punts de consum municipals, aquests excedents podrien reduir-se gairebé a zero amb una gestió adequada dels coeficients horaris.

L'estudi conclou que la configuració més eficient és destinar el 100% de la capacitat de les bateries a la ciutadania, ja que aquest col·lectiu pot maximitzar l'autoconsum i reduir la injecció d'excedents a la xarxa. Alhora, els excedents ciutadans podrien ser aprofitats directament per l'Ajuntament, millorant així l'eficiència global i reduint la dependència energètica externa.

Des del punt de vista econòmic, aquesta estratègia optimitza els estalvis: la ciutadania treu el màxim rendiment de les bateries, mentre que l'Ajuntament es beneficia de l'energia excedent sense necessitat d'invertir en emmagatzematge propi.

Finalment, l'estudi recomana:

- Prioritzar l'ús de bateries per a la ciutadania.
- Destinar els excedents a cobrir la demanda municipal.
- Aplicar coeficients horaris variables i un sistema de gestió energètica (EMS) per equilibrar generació i consum.

En el model proposat demostra que, amb una planificació adequada i consums complementaris, és possible assolir altes quotes d'autoconsum amb una capacitat de bateria reduïda, minimitzant els costos d'instal·lació i fomentant una col·laboració real entre ciutadania i administració. Aquesta estratègia reforça la transició cap a una energia més justa, eficient i solidària, contribuint alhora a reduir la pobresa energètica

10.

Guia Resum

Guia Resum

OBJECTIUS PRINCIPALS

- Millorar l'autoconsum i reduir l'energia importada de la xarxa.
- Disminuir excedents i aprofitar-los internament dins la comunitat.
- Optimitzar els costos energètics mitjançant l'ús intel·ligent de l'energia emmagatzemada.
- Incrementar la resiliència energètica i la participació ciutadana.

DISSENY I DIMENSIONAMENT

- Cal analitzar els perfils de consum i generació per definir la capacitat òptima.
- Els valors de cobertura (C_b) recomanats se situen entre 0,7 i 0,85, equilibrant rendibilitat i eficiència.
- La capacitat de bateria ha de permetre gestionar els excedents habituals i cobrir el consum nocturn sense sobredimensionar.
- S'han de tenir en compte els paràmetres tècnics, d'ubicació i de seguretat descrits en la guia.

GESTIÓ I OPERACIÓ

- L'ús d'un sistema de gestió energètica (EMS) és imprescindible per controlar càrregues i descàrregues, repartir energia i ajustar els coeficients de consum.
- Cal disposar d'un gestor tècnic que supervisi la generació, la correcta aplicació dels coeficients i la compensació d'excedents.
- Els sistemes oberts i modulars faciliten la integració de nous participants i la digitalització del projecte.

VIABILITAT I IMPACTE

- Els costos actuals de les bateries oscil·len entre 400 i 700 €/kWh útil, fet que encara limita la seva rendibilitat sense ajuts.
- Els projectes pilot amb subvencions (com el programa CE Implementa) són essencials per reduir costos inicials i validar models viables.
- Amb suport públic, els períodes d'amortització poden situar-se entre 8 i 10 anys; sense ajuts, poden superar els 12-15 anys.
- Els costos d'operació i manteniment són reduïts (1-2% anual de la inversió), però la rendibilitat depèn d'una gestió òptima.
- A mesura que els costos de les bateries disminueixin i s'acumuli experiència, la seva implantació serà cada cop més accessible i sostenible.

11.

Bibliografia

Bibliografia

- “Guía de autoconsumo colectivo “. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Madrid 2024.
- Cram101 Textbook Reviews. (2013). *Studyguide for renewable energy: Power for a sustainable future by Boyle, Godfrey, ISBN 9780199545339*. Cram101.
- Daly, S. (23 juny del 2024). *The BESS Book: A Cell-to-Grid Guide to Utility-Scale Battery Energy Storage Systems (English Edition)*. BESS Book, The.
- *Energy Storage System: A comprehensive guide for Energy Storage System*. (s/f).
- IDAE y ENERAGEN (2024), Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo v.6, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía (ENERAGEN), Madrid.
- KMO Energy, S. L., & IDAE. (2021). *Análisis del estado actual del almacenamiento detrás del contador en España*.
- Michaelides, E. E. (2025). *Energy storage: Driving the renewable energy transition*. CRC Press.
- Pérez, A. R. (2025). *Sistemas Fotovoltaicos*. Neutrón.
- White, Sean, y Saad Youssefi. *Energy Storage Basics*. Independently published, 2020.
- Volta Foundation, Battery report 2024. <https://volta.foundation/battery-report-2024>
- Sørensen, B. (2021). *Hydrogen and fuel cells: Emerging technologies and applications* (3a ed.). Academic Press.
- Ball, M., & Weeda, M. (2016). *Hydrogen energy: Challenges and perspectives*. Royal Society of Chemistry.
- Schlapbach, L., & Züttel, A. (2020). *Hydrogen storage technologies*. Springer.
- International Energy Agency (IEA). (2019). *The future of hydrogen: Seizing today's opportunities*. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>
- International Energy Agency (IEA). (2023). *Global hydrogen review 2023*. <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023>
- Hydrogen Council & McKinsey & Company. (2023). *Hydrogen Insights 2023*. <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2023>
- European Commission. (2020). *A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe*. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf
- IPHE – International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy. (2023). *Policy and regulation database*. <https://www.iphe.net/policy>
- Elsevier. (s. d.). *International Journal of Hydrogen Energy*. <https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-hydrogen-energy>
- Elsevier. (s. d.). *Energy Conversion and Management*. <https://www.sciencedirect.com/journal/energy-conversion-and-management>

- Elsevier. (s. d.). *Applied Energy*. <https://www.sciencedirect.com/journal/applied-energy>
- IDAE – Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2020). *Hoja de ruta del hidrógeno: Una apuesta por el hidrógeno renovable*. <https://www.idae.es/tecnologias/hidrogeno>
- Institut Català d'Energia (ICAEN). (2022). *L'hidrogen verd a Catalunya: full de ruta i projectes prioritaris*. https://icaen.gencat.cat/ca/ambits_dactuacio/energies_renovables/hidrogen/
- IRENA – International Renewable Energy Agency. (2020). *Green hydrogen: A guide to policy making*. <https://www.irena.org/publications/2020/Nov/Green-hydrogen>
- IRENA. (2022). *Geopolitics of the energy transformation: The hydrogen factor*. <https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation-The-Hydrogen-Factor>
- CEOE – Confederación Española de Organizaciones Empresariales. (2021). *El hidrógeno renovable en España: Una oportunidad industrial*. <https://www.ceoe.es/es/publicaciones/informes/el-hidrogeno-renovable-en-espana-una-oportunidad-industrial>
- Scrosati, B., Garche, J., & Tillmetz, W. (Eds.). (2015). *Advances in battery technologies for electric vehicles*. Woodhead Publishing.
- Blomgren, G. E. (2017). The development and future of lithium ion batteries. *Journal of The Electrochemical Society*, 164(1), A5019–A5025. <https://doi.org/10.1149/2.0251701jes>
- Tarascon, J. M., & Armand, M. (2001). Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries. *Nature*, 414(6861), 359–367. <https://doi.org/10.1038/35104644>
- Xu, K. (2014). Electrolytes and interphases in Li-ion batteries and beyond. *Chemical Reviews*, 114(23), 11503–11618. <https://doi.org/10.1021/cr500003w>
- International Energy Agency (IEA). (2023). *Global EV Outlook 2023*. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- IRENA – International Renewable Energy Agency. (2020). *Innovation outlook: Smart charging for electric vehicles*. <https://www.irena.org/publications/2020/May/Innovation-Outlook-Smart-Charging>
- MIT Energy Initiative. (2019). *The future of energy storage*. <https://energy.mit.edu/research/future-energy-storage/>
- Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI. (2021). *Battery technologies: State of the art and trends*. <https://www.isi.fraunhofer.de/>
- Goodenough, J. B., & Park, K. S. (2013). The Li-ion rechargeable battery: A perspective. *Journal of the American Chemical Society*, 135(4), 1167–1176. <https://doi.org/10.1021/ja3091438>
- Bruce, P. G., Freunberger, S. A., Hardwick, L. J., & Tarascon, J. M. (2012). Li-O and Li-S batteries with high energy storage. *Nature Materials*, 11(1), 19–29. <https://doi.org/10.1038/nmat3191>
- Armand, M., & Tarascon, J. M. (2008). Building better batteries. *Nature*, 451(7179), 652–657. <https://doi.org/10.1038/451652a>
- CIDETEC Energy Storage. (2022). *Tendencias tecnológicas en baterías avanzadas*. <https://www.cidetec.es/>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2021). *Hoja de ruta del almacenamiento energético en España*. <https://www.miteco.gob.es/>

- European Commission – Joint Research Centre. (2020). *Future battery technologies impact assessment*. <https://joint-research-centre.ec.europa.eu>
- Marc Belzunces. L'abaratiment inesperat de les bateries accelera el final dels combustibles fòssils. Vilaweb (2025), <https://www.vilaweb.cat/noticies/abaratiment-inesperat-bateries-accelera-final-combustibles-fossils/>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2023). *Real Decreto 36/2023, de 24 de gener, pel qual s'estableix un sistema de certificats d'estalvi energètic*. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2023/01/24/36>
- MITECO – Subdirecció General de Eficiència Energètica. (2023). *Guía técnica del Sistema de Certificados de Ahorro Energético (CAE)*. https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia-energetica/cae/guia_tecnica_cae.aspx
- Institut Català d'Energia (ICAEN). (2024). *Preguntes freqüents sobre els CAE*. <https://icaen.gencat.cat>
- Fundación Naturgy. (2023). *Los Certificados de Ahorro Energético: Nuevo impulso a la eficiencia*. <https://www.fundacionnaturgy.org>
- AFELMA (Asociación de Fabricantes Españoles de Lanas Minerales Aislantes). (2023). *El papel del CAE en la rehabilitación energética*. <https://www.afelma.es/>
- Escudero, Á., & Lacal, P. (2023). Certificados de ahorro energético: ¿una herramienta eficaz? *Energías Renovables Magazine*. <https://www.energias-renovables.com>
- Castañer, M., & Díaz, R. (2023). El potencial de los CAE como instrumento para acelerar la transición energética en España. *Revista de Estudios de la Energía*, (12), 45–59.
- Gil, A., & Palacios, J. (2024). El sistema CAE y su encaje en la planificación energética nacional. *Boletín de Energía y Regulación*, (8), 12–20.
- ENDEF – Empresa Nacional de Eficiencia Energética. (2023). *Cómo monetizar proyectos energéticos con CAE*. <https://www.endef.com>
- OECC – Oficina Española de Cambio Climático. (2023). *Integración de los CAE en los objetivos nacionales de eficiencia energética*. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico>
- Calvet, N., Rojas, E., & Rodríguez, A. (2020). *Use of CO₂ as a heat transfer and storage medium in thermal energy storage systems*. *Applied Energy*, 269, 115049. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115049>
- Gupta, H., & Sadrameli, S. M. (2019). *Supercritical carbon dioxide: Fundamentals and energy applications*. *Energy Conversion and Management*, 198, 111824. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.111824>
- Fundación Hidrógeno Aragón. (2023). *Almacenamiento de energía térmica con CO₂ en estado supercrítico. Proyecto piloto en Teruel*. <https://hidrogenoaragon.org/proyectos/sivortex/>
- Sivortex. (2023). *SIVORTEX: Sistema de almacenamiento térmico basado en cambio de fase de CO₂ para integración en plantas de generación renovable*. <https://sivortex.es/>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020). *Innovation outlook: Thermal energy storage*. <https://www.irena.org/publications/2020/Nov/Innovation-Outlook-Thermal-Energy-Storage>
- IEA – International Energy Agency. (2021). *The role of thermal energy storage in decarbonising energy systems*. <https://www.iea.org/reports/thermal-energy-storage>

- IDAE – Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2021). *Guía del nuevo sistema tarifario eléctrico: Comprender los peajes, cargos y periodos horarios*. <https://www.idae.es>
- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC). (2023). *Informe sobre la evolución del sistema tarifario eléctrico y la aplicación de cargos y peajes*. <https://www.cnmc.es>
- Parlament Europeu i Consell. (2018). *Directiva (UE) 2018/2001 del Parlament Europeu i del Consell, de 11 de desembre de 2018, relativa al foment de l'ús de l'energia procedent de fonts renovables (RED II)*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001>
- Parlament Europeu i Consell. (2019). *Directiva (UE) 2019/944 del Parlament Europeu i del Consell, de 5 de juny de 2019, sobre normes comunes per al mercat interior de l'electricitat i per la qual es modifica la Directiva 2012/27/UE*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32019L0944>
- Comissió Europea. (2023). *RePowerEU: Acció conjunta per a una energia més assequible, segura i sostenible*. <https://ec.europa.eu>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2022). *Hoja de ruta para el impulso de las comunidades energéticas*. <https://www.miteco.gob.es>
- IDAE – Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2022). *Guía práctica para la implantación de comunidades energéticas*. <https://www.idae.es>
- CNMC. (2023). *Consideraciones regulatorias para la integración de comunidades energéticas en el sistema eléctrico*. <https://www.cnmc.es>
- Roberts, J., Bodman, F., & Rybski, R. (2021). *Energy Communities in the EU: An overview of energy and social innovation*. Friends of the Earth Europe & REScoop.eu. <https://www.rescoop.eu>
- Bauknecht, D., & Funcke, S. (2020). The potential of local energy communities for the energy transition. *Energy, Sustainability and Society*, 10, 23. <https://doi.org/10.1186/s13705-020-00248-4>
- Eurac Research. (2022). *Best practices on energy communities in Europe: tools, models and governance*. <https://www.eurac.edu>
- Consell Comarcal d'Osona. (2023). *Guia pràctica per a la creació de comunitats energètiques en forma de cooperativa de consum*. Recuperat de https://novaenergiaosona.cat/wp-content/uploads/2023/11/manual-com-energetiques_OK_web.pdf



 93 496 16 16  otc@fmit.cat  www.acm.cat/fundacions/otc-fmit

Estudi realitzat per:

- Francesc Tarongí, Enginyer Tècnic Industrial, soci consultor de K&G.

Amb el suport tècnic i validació de:

- Joan Clos, Enginyer Tècnic Industrial, Director de l'Oficina Tècnica d'OECOOP.
- Ermen Llobet, Enginyer de Telecomunicació, President d'Osona Energia i responsable de l'OTC-OECOOP.

Amb la col·laboració de:

- Marçal Musté, Director de l'Oficina Tècnica de SAMSO.
- Raimon Galve, Jurista especialista de Director de Comunitats Energètiques de Samso.
- Marta Marsó, Ambientòloga, responsable tècnica de l'OTC-FMIT.

Agraïments:

- Ajuntament de Sant Pere de Ribes

