

Treball de Fi de Màster

## ENGINYERIA INDUSTRIAL

# Viabilitat d'una estació de càrrega per vehicles elèctrics amb bateries de flux aprofitant la infraestructura d'una gasolinera

### MEMÒRIA

**Autor:** Mateu Calafat Perelló  
**Director:** Roberto Villafafila Robles  
**Convocatòria:** Juny 2022



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Industrial de Barcelona





## Resum

El canvi climàtic, l'efecte hivernacle, els incendis forestals, els refugiats climàtics, la dependència energètica exterior i els elevats preus de l'energia, són problemàtiques que més d'hora que tard s'han de gestionar i trobar solucions que permetin fer una transició justa, sostenible, sobirana i eficient. Per a fer-ho, és necessària la implementació i integració de les tecnologies que permetin encaminar-nos cap a aquests objectius.

Per altra banda, un dels fronts d'actuació més importants és el del sector dels vehicles elèctrics. Un tema important en aquests vehicles, és la gestió de la càrrega de les seves bateries. Per un cantó, és necessari el desenvolupament de sistemes que permetin la càrrega dels vehicles elèctrics amb els temps més breus possibles (a elevada potència). Per l'altre cantó, tant l'increment de vehicles elèctrics com la instal·lació d'aquests carregadors d'alta potència, podria suposar una càrrega massa elevada a la xarxa de generació i distribució elèctrica actual per alimentar aquests elements.

El present treball, s'alinea amb els objectius de sostenibilitat i transició i intenta posar el seu granet d'arena amb l'estudi d'una estació de càrrega de vehicles elèctrics a alta potència, integrant la generació d'energia fotovoltaica amb un tipus de sistema d'emmagatzematge relativament nou en el mercat, que són les bateries redox de flux de Vanadi-Vanadi. L'estudi inclou la simulació, el dimensionament, el disseny i la valoració econòmica d'aquesta estació de càrrega.

A més, també s'intenta aportar una solució al futur problema de la sobrecàrrega de la xarxa elèctrica donat l'increment previst de la demanda energètica causada pels vehicles elèctrics. Es desenvolupa el concepte d'Illa de Potència que permet disposar de major potència en un punt determinat que la que s'obté de la xarxa.

Finalment, aquest estudi pretén establir unes condicions tècniques i econòmiques per assegurar la viabilitat d'aquest tipus de sistemes.

## ÍNDEX

<b>ÍNDEX DE FIGURES</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDEX DE TAULES</b>	<b>8</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>11</b>
1.1. ANTECEDENTS I JUSTIFICACIÓ DEL PROJECTE.....	11
1.2. OBJECTE DEL PROJECTE.....	13
1.3. ABAST DEL PROJECTE.....	13
<b>2. SITUACIÓ ACTUAL I ESTAT DE L'ART</b>	<b>15</b>
2.1. LEGISLACIÓ I NORMATIVA IMPLICADA.....	15
2.2. TECNOLOGIES D'EMMAGATZEMATGE D'ENERGIA ELÈCTRICA.....	17
2.3. BATERIES REDOX DE FLUX (RFB).....	22
2.4. NECESSITATS ENERGÈTIQUES DELS VEHICLES DE PROPULSIÓ ELÈCTRICA.....	24
2.5. TECNOLOGIES DE CÀRREGA DE VEHICLES ELÈCTRICS.....	27
<b>3. CONCEPTE SUNOFAST®</b>	<b>29</b>
3.1. ILLA DE POTÈNCIA.....	29
3.2. ILLA DE POTÈNCIA ADAPTADA A CÀRREGA DE VEHICLES.....	30
3.3. PROVEÏDORS TECNOLÒGICS.....	31
<b>4. CAS PRÀCTIC: CONDICIONS PER A LA VIABILITAT DE L'ILLA DE POTÈNCIA</b>	<b>34</b>
4.1. SITUACIÓ, EMPLAÇAMENT I CARACTERÍSTIQUES DE LA GASOLINERA ESTUDIADA.....	34
4.2. ESTIMACIÓ DE LES NECESSITATS ENERGÈTIQUES DE L'ILLA DE POTÈNCIA.....	37
4.2.1. ESTIMACIÓ DEL MERCAT DE VEHICLES ELÈCTRICS.....	37
4.2.2. GENERACIÓ DE CORBES DE DEMANDA.....	41
4.2.3. SIMULACIÓ DE L'ILLA DE POTÈNCIA SEGONS DEMANDA.....	49
4.3. DISSENY I DIMENSIONAMENT DE L'ILLA DE POTÈNCIA.....	57
4.3.1. SISTEMA D'EMMAGATZEMATGE.....	57
4.3.2. SISTEMA DE GENERACIÓ FOTOVOLTAICA.....	58
4.3.3. SISTEMA DE RECÀRREGA DE VEHICLES.....	61
4.3.4. ELEMENTS D'ELECTRÒNICA DE POTÈNCIA.....	64
4.3.5. SISTEMA GLOBAL.....	66
4.4. ESTUDI ECONÒMIC PARTICULAR.....	68

4.4.1.	COST DE L'ESTUDI I PRESSUPOST D'ENGINYERIA.....	69
4.4.2.	ESTUDI ECONÒMIC.....	71
4.4.3.	ANÀLISI DE SENSIBILITATS.....	78
<b>5.</b>	<b>IMPACTE SOCIOAMBIENTAL</b> _____	<b>79</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONS</b> _____	<b>80</b>
	<b>AGRAÏMENTS</b> _____	<b>82</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> _____	<b>83</b>

# ÍNDEX DE FIGURES

Fig. 1 Reaccions parcials i globals d'una cel·la d'ió-Liti d'òxid de Cobalt. Font: UBUSCIENTIA	21
Fig. 2 Esquema d'una cel·la d'ió-Liti. Font: C&ACS	21
Fig. 3 Esquema d'una bateria redox de flux de Vanadi-Vanadi. Font: BATTERYUNIVERSITY.COM	23
Fig. 4 Model i components principals del vehicle híbrid endollable. Font: AFDC	25
Fig. 5 Model i components principals del vehicle híbrid. Font: AFDC	25
Fig. 6 Model i components principals del vehicle de pila de combustible. Font: AFDC	26
Fig. 7 Model i components principals del vehicle elèctric de bateria. Font: AFDC	26
Fig. 8 Resum esquemàtic dels quatre modes de càrrega Font: CIRCUTOR	28
Fig. 9 Justificació gràfica de l'illa de potència. Font: SunoWatt.	29
Fig. 10 Esquema bàsic d'una illa de potència per a càrrega de vehicles elèctrics. Font: SunoWatt.	31
Fig. 11 Situació de l'estació de càrrega. Font: Google	34
Fig. 12 Emplaçament de l'estació de càrrega. Font: Google.	34
Fig. 13 Emplaçament de la gasolinera. Font: Google.	35
Fig. 14 Estat actual de la gasolinera. Font: Google.	35
Fig. 15 Imatges de la gasolinera HAM de Riudellots de la Selva.	36
Fig. 16 Evolució de la demanda de potència quart-horària per 2 i 4 punts de càrrega.	45
Fig. 17 Evolució de la demanda energètica horària per 2 i 4 punts de càrrega.	45
Fig. 18 Energia demandada i energia aportada pel sistema pels diferent escenaris.	52
Fig. 19 Orígens de l'energia aportada pel sistema pels diferents escenaris.	53
Fig. 20 Corba monòtona anual del consum provinent de la xarxa.	54

---

Fig. 21 Corbes monòtones anuals de l'energia subministrada i no subministrada.	54
Fig. 22 Il·lustració 3D de la bateria VRFB.	58
Fig. 23 Mòdul FV Jinko Solar JKM565M. Font: JINKO SOLAR	59
Fig. 24 Implantació de mòduls fotovoltaics al terreny previst.	60
Fig. 25 Esquema elèctric de la opció 1. Entrada a carregadors a corrent contínua.	62
Fig. 26 Esquema elèctric de la opció 2. Entrada a carregadors a corrent alterna o a través d'un inversor centralitzat.	62
Fig. 27 Carregadors INGETEAM RAPID ST 200. Font: Ingeteam	64
Fig. 28 Inversor fotovoltaic INGECON SUN 160 TL. Font: Ingeteam	65
Fig. 29 Inversor de l'entrada dels carregadors INGETEAM SUN STORAGE POWER SERIE B. Font: Ingeteam	66
Fig. 30 Plànol d'implantació amb els principals elements de l'illa de potència per a càrrega de vehicles elèctrics.	67
Fig. 31 Representació 3D de l'estació de càrrega dissenyada (I).	67
Fig. 32 Representació 3D de l'estació de càrrega dissenyada (II).	68
Fig. 33 Evolució del preus per kWh horaris en el mercat regulat (Espanya, 2019). Font: OMIE	74

## ÍNDEX DE TAULES

Taula 1 Relació de característiques i prestacions de diferents bateries secundàries. Font: BATTERYUNIVERSITY.COM.....	19
Taula 2 Relació dels modes de càrrega de VE. Font: POWERING CAR.....	27
Taula 3 Segments europeus de vehicles segons les seves característiques energètiques. Font: Elaboració pròpia. ....	39
Taula 4 Quotes de matriculacions segons el tipus de vehicle (Espanya, 2019). [21] .....	39
Taula 5 Quotes de matriculacions segons segments europeus (Espanya, 2019) .....	40
Taula 6 Distribució del parc de vehicles elèctrics. ....	42
Taula 7 Base de mitjana de vehicles segons els escenaris de demanda generats.....	43
Taula 8 Coeficients horaris i diaris aplicats a la base mitjana de vehicles.....	43
Taula 9 Paràmetres dels estats de càrrega dels VE. Font: Elaboració pròpia.....	44
Taula 10 Exemple d'una generació de dades d'arribades.....	44
Taula 11 Estadístiques energètiques i d'utilització segons la hipòtesis de demanda alta.....	48
Taula 12 Estadístiques energètiques i d'utilització segons la hipòtesis de demanda baixa..	48
Taula 13 Paràmetres energètics de la bateria de vanadi. ....	50
Taula 14 Escenaris de demanda considerats per a la simulació de l'estació. ....	52
Taula 15 Anàlisi de sensibilitats percentatge de demanda coberta (potència-capacitat VRFB). .....	56
Taula 16 Anàlisi de sensibilitats percentatge dels excedents de la FV (potència-capacitat VRFB). ....	56
Taula 17 Característiques i prestacions dels mòduls fotovoltaics Jinko Solar JKM565M. Font: JINKO SOLAR .....	59
Taula 18 Opcions de carregadors súper-ràpids considerats. ....	61
Taula 19 Pèrdues totals estimades segons esquema. ....	63



---

Taula 20 Pèrdues parcials estimades segons esquema. ....	63
Taula 21 Descompost del pressupost de l'estudi .....	69
Taula 22 Resum del pressupost del projecte .....	70
Taula 23 Relació dels costos d'exploració i operació.....	73
Taula 24 Relació de peatges i càrrecs vigents (Juny 2022) Font: BOE.....	73
Taula 25 Relació de valors macroeconòmics considerats.....	74
Taula 26 Resultats dels indicadors de l'estudi econòmic.....	77
Taula 27 Anàlisi de sensibilitats de la Taxa Interna de Retorn (preu de venda-escenari de demanda).....	78



# 1. INTRODUCCIÓ

## 1.1. ANTECEDENTS I JUSTIFICACIÓ DEL PROJECTE

El present treball sorgeix de la necessitat de la incorporació de nous projectes que s'englobin en les polítiques de transició energètica i de lluita contra l'emergència climàtica. L'aprovació de noves lleis, marcs i normatives tant a nivell estatal com a nivell europeu, encaminades a la transformació sostenible de la societat justifiquen aquests tipus de projectes. Per exemple, per tal d'assolir els objectius de descarbonització fixats en els acords de París del 2015 i l'agenda 2030 del Desenvolupament Sostenible de les Nacions Unides, a nivell estatal es va aprovar l'anomenat *Marco Estratégico de Energía y Clima*, que pretén emmarcar totes les estratègies i plans que permetin assolir tots aquests objectius de sostenibilitat. Aquest marc engloba tres elements:

- *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.*
- *Estrategia de Transición Justa.*
- *Ley de Cambio Climático y Transición Energética.*

Aquesta emergència climàtica i aquesta necessitat de passar a un sistema cent per cent renovable, s'ha accelerat de manera evident, recentment, arran de la invasió d'Ucraïna per part de Rússia.

En aquets sentit, aquest mateix 18 de maig passat, la Comissió Europea ha fet públic el Pla REPowerEU, que conté la nova estratègia global de la Unió Europea, amb l'objectiu d'acabar amb la dependència de combustibles fòssils russos, accelerar la transició energètica i incrementar la resiliència del sistema energètic.

Una de les mesures que s'inclouen a la Comunicació del REPowerEU és la de substituir els combustibles fòssils accelerant la transició energètica a través d'un increment massiu de les energies renovables per a la producció d'electricitat, accelerant la tramitació de permisos.

Així mateix, acompanyen al REPowerUE una sèrie d'iniciatives que també van ser publicades, entre les quals cal destacar la previsió de modificar la Directiva d'Energies Renovables, incrementant l'objectiu al 45% per al 2030 (enfront el 37% actual, i enfront l'objectiu del 40% que es troba actualment en fase de negociació pel Parlament Europeu i el Consell).

En el context de l'Estat espanyol, la Llei 7/2021, de 20 de maig, de canvi climàtic i transició energètica, i el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 han fixat els objectius de reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle, implantació d'energies renovables i de millora d'eficiència energètica, amb l'horitzó a 2030, a l'objecte de donar compliment als compromisos internacionalment assumits per l'Estat espanyol, i sense perjudici de les competències autonòmiques.

Uns objectius que, com s'acaba de veure, hauran aviat de revisar-se, atenent a la recent Comunicació de la Comissió Europea i la revisió endegada de la Directiva de Renovables.

També s'han aprovat altres estratègies més concretes que s'engloben en aquest context de transformació sostenible i que poden servir com a justificació d'aquest treball:

- *Estrategias de almacenamiento energético.*
- *Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo.*

Per altra banda, les comunitats autònomes i els ajuntaments han anat aprovant lleis i normes per alinear-se amb aquestes fites mediambientals.

Un dels grans actors en la transició energètica és el sector del transport. Segons l'informe *La Energía en España 2019* del MITECO, l'energia consumida per el transport va representar el 44% de l'energia final de l'estat espanyol [1].

Per altra banda, de les emissions de GEI causades per el sector de transports (*Inventario Anual de Emisiones 2018*) un 93% va ser per el transport per carretera. A més, els turismes i els vehicles pesats varen representar un 62% i un 30% respectivament d'aquestes emissions [2].

Com a conseqüència, es destaca la necessitat de la transició cap a un model de transport per carretera menys contaminant i que s'adapti als plans del PNIEC, degut a la seva gran petjada de carboni. L'ELP estima una reducció del 30% d'emissions de cara a l'any 2030 i un 28% d'energia renovable en el transport [3]. Una manera d'assolir aquests objectius, serà amb l'electrificació del transport i l'increment d'energies renovables utilitzades per a la generació elèctrica.

L'augment de la demanda d'energia elèctrica que suposarà aquesta transició en el transport, implicarà també un canvi en el sistema de generació elèctrica, que a més, segons les estratègies comentades anteriorment, aquest haurà d'anar enfocat en la descarbonització del sector elèctric. Per altra banda, donada la naturalesa intermitent de les energies renovables, que regiran el mercat elèctric futur, serà també necessari la implantació de sistemes d'emmagatzematge d'energia que siguin fiables i compatibles amb la xarxa elèctrica.

Amb tot això, es demostra que existeix un interès general en la proliferació de tecnologies més sostenibles que les actuals i la necessitat de realitzar una transició energètica que permeti la transformació del planeta en un lloc més respectuós amb el medi ambient i més responsable energèticament.

El present estudi s'alinea amb aquests marcs i necessitats i pretén posar el seu granet d'arena, ajudant a trobar una solució al problema de la càrrega ràpida de vehicles elèctrics evitant la sobrecàrrega de la xarxa elèctrica, degut a les grans potències que requereixen aquests modes de recàrrega.

## 1.2. OBJECTE DEL PROJECTE

Aquest treball pretén fer un estudi sobre la creació d'una infraestructura de recàrrega de vehicles elèctrics de bateries que pugui abastir aquest nou parc de vehicles electrificat sense la necessitat de modificar l'actual xarxa de distribució elèctrica. Aquest estarà basat parcial o totalment en energies renovables i sistemes d'emmagatzematge. La idea és que els usuaris puguin carregar el seu vehicle amb el menor temps possible, per assimilar-se als temps de recàrrega per vehicles de combustió interna.

Els objectius específics que inclou aquest estudi són els següents:

- Revisió de l'estat actual del sector i estudi de les tecnologies existents en el mercat. Inclou l'estudi de les tecnologies d'emmagatzematge, de producció fotovoltaica, de càrrega de vehicles i mercat de vehicles elèctrics. També es fa una revisió sobre les normatives i lleis aplicables en el cas.
- Estudi del cas pràctic: es dissenya una illa de potència per la gasolinera escollida per tal de poder cobrir la demanda energètica provocada per la càrrega d'usuaris de vehicles elèctrics sense necessitat d'ampliar la potència contractada. Es fa una estimació de la demanda, es calculen les necessitats energètiques, es dimensionen els equips i es troben fabricants per cada component.
- Estudi de viabilitat econòmica del cas pràctic: es fa un estudi econòmic, considerant els pressupostos, amidaments i balanços, i s'extreuen les condicions necessàries per a la viabilitat del projecte.
- Estudi de les implicacions ambientals de l'estudi i del projecte.

## 1.3. ABAST DEL PROJECTE

El present estudi, es realitza sobre una gasolinera situada a Riudellots de la Selva a la província de Girona. Aquest emplaçament té els avantatges de disposar de molt d'espai disponible ocupable, ser proper a una autopista i ser un terreny compatible amb els usos que es necessiten.

L'estudi es basa en la utilització d'energia fotovoltaica juntament amb energia provinent de la xarxa per carregar una bateria redox de flux de Vanadi. Tots els elements són calculats, dimensionats i seleccionats. Per fer el disseny dels equips l'estudi es basa en fulles de càlcul que permeten realitzar els balanços i estimacions energètiques oportunes. Finalment, es realitza un estudi que permet estudiar la rendibilitat econòmica d'aquest tipus d'instal·lacions.

## 2. SITUACIÓ ACTUAL I ESTAT DE L'ART

En aquest capítol es pretén fer una revisió de l'estat actual de les tecnologies necessàries per a la realització d'aquest treball. Es divideix en quatre elements principals: legislació i normativa implicada, sistemes d'emmagatzematge d'energia, sistemes de càrrega de vehicles elèctrics i els mateixos vehicles elèctrics (més concretament, el seu sistema energètic).

### 2.1. LEGISLACIÓ I NORMATIVA IMPLICADA

Per a la realització d'aquest estudi s'ha hagut de fer una revisió a l'estat actual de la llei i la normativa en matèria d'estacions de càrrega de vehicles elèctrics, generació d'energia fotovoltaica, sistemes d'emmagatzematge d'energia elèctrica, així com la normativa urbanística vigent.

#### **ESTACIONS DE RECÀRREGA DE VEHICLES ELÈCTRICS**

Els punts de recàrrega de vehicles elèctrics estan regits per la instrucció tècnica complementària ITC-BT 52 "*Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos*". Aquesta normativa divideix aquestes instal·lacions en diferents tipus, i mostra els esquemes de connexió de cada un d'ells. També estableix criteris a l'hora de la instal·lació dels elements de seguretat, comptadors i la necessitat de la incorporació d'un Sistema de Protecció de Línia (SPL) [4].

En segon lloc, *el Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico* va publicar la *Orden por la que se establece el listado de instalaciones de suministro de combustibles y carburantes obligadas a instalar infraestructuras de recarga eléctrica así como las excepciones e imposibilidades técnicas para su cumplimiento*, on s'estableixen les condicions per a la obligatorietat d'incorporació de punts de càrrega per a vehicles elèctrics a les gasolineres, en funció del seu volum de venda i la zona geogràfica [5].

Finalment, indicar el document explicatiu de **PASSOS ADMINISTRATIUS PER A LA INSTAL·LACIÓ D'UNA ESTACIÓ DE RECÀRREGA PER A VEHICLES ELÈCTRICS** publicat per l'Institut Català de Recerca de la Generalitat de Catalunya, que presenta una guia sobre el procediment administratiu per legalitzar una nova estació de càrrega de VE [6].

## **INSTAL·LACIONS DE GENERACIÓ FOTOVOLTAICA**

El present estudi analitza diverses alternatives per a aquest projecte. Una d'elles és la incorporació de la producció d'energia fotovoltaica. Aquesta tecnologia està regida per una sèrie de lleis especificades a continuació.

- DECRET LLEI 16/2019, de 26 de novembre, de mesures urgents per a l'emergència climàtica i l'impuls a les energies renovables [7].
- DECRET 308/1996, de 2 de setembre, pel qual s'estableix el procediment administratiu per a l'autorització de les instal·lacions de producció d'energia elèctrica en règim especial [8].
- DECRET LLEI 24/2021, de 26 d'octubre, d'acceleració del desplegament de les energies renovables distribuïdes i participades [9].

## **NORMATIVA ELÈCTRICA BAIXA TENSÍO**

Pel que fa a les instal·lacions i connexions elèctriques de l'estació estudiada, hauran de satisfer una sèrie de normatives. En aquest cas, degut a que les tensions de treball seran inferiors a 1000 V en corrent alterna i inferiors a 1.500 V en corrent contínua, s'aplicarà el *REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN Y LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS (ITC) del RD 842/2002, de 2 de Agosto, por el que aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión* [10].

## **NORMATIVA GENERAL**

De forma complementària, s'han consultat altres normes, lleis, plans i estratègies vigents que afecten directa o indirectament a les implicacions d'aquest projecte [11].

- *Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.*
- *Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.*
- *Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.*
- *Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.*
- *Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico*
- *Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.*
- *Ley 38/2015, de 29 de septiembre, del sector ferroviario.*



- *Ley 7/2021, de 20 de Mayo, de cambio climático y transición energética.*
- *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.*
- *Estrategia de Almacenamiento Energético.*
- *Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo.*
- *Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de Junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.*

## 2.2. TECNOLOGIES D'EMMAGATZEMATGE D'ENERGIA ELÈCTRICA

L'emmagatzematge d'energia permet guardar una energia generada en un moment per a ser consumida en un moment diferent. La idea d'aquest treball, consisteix en aprofitar l'energia d'una bateria que s'ha anat carregant quan no hi havia demanda, i es descarrega quan si que n'hi ha. Això permet una disminució de la potència necessària de la xarxa elèctrica per carregar els VE. Més endavant, s'explica el concepte d'Illa de Potència que encaixa amb aquesta descripció.

### SISTEMES D'EMMAGATZEMATGE PER TIPUS D'ENERGIA

Com a punt de partida, s'ha fet una revisió dels diferents sistemes d'emmagatzematge d'energia que existeixen actualment. Aquests es poden classificar segons la forma d'energia que son capaços de guardar [12]:

- Sistemes mecànics: són aquells que guarden l'energia de forma cinètica, potencial o termodinàmica. Alguns exemples són:
  - Centrals hidràuliques de bombeig.
  - Aire comprimit (CAES).
  - Aire líquid (LAES).
  - Volants d'inèrcia.
- Sistemes Químics:
  - Hidrogen.
  - Combustibles sintètics i alternatius.

- Sistemes elèctrics:
  - o Súper-condensadors.
  - o Imants superconductors.
- Sistemes tèrmics:
  - o Calor sensible.
  - o Calor latent.
  - o Calor termoquímic.
- Sistemes electroquímics:
  - o Bateries convencionals.
  - o Bateries de flux
  - o Súper-condensadors híbrids.

## **BATERIES ELECTROQUÍMIQUES**

Com que l'aplicació d'aquest estudi està centrat en l'energia elèctrica, s'utilitzaran els sistemes electroquímics per guardar aquest tipus d'energia transformada en energia química.

El seu funcionament es basa en la conversió d'energia elèctrica en energia química i viceversa. Es divideixen en dos tipus en funció de si són d'un sol ús (primàries) o recarregables (secundàries). Les primàries tenen l'avantatge de que ofereixen una densitat energètica més elevada que les secundàries [13]. Tot i així, les secundàries ofereixen molta més versatilitat i flexibilitat ja que es poden recarregar un nombre determinat de vegades [14]. En el present estudi es fa ús d'aquest segon tipus de bateries, degut a la naturalesa de càrrega i descàrrega del projecte.

Existeixen una gran varietat de bateries secundàries en funció dels materials que les componen i les reaccions químiques que es porten a terme per a la conversió d'energia. De forma resumida, les més utilitzades actualment són les que es poden veure a la Taula 1.

*Taula 1 Relació de característiques i prestacions de diferents bateries secundàries. Font: BATTERYUNIVERSITY.COM*

Specifications	Lead Acid	NiCd	NiMH	Li-ion <sup>1</sup>		
				Cobalt	Manganese	Phosphate
Specific energy (Wh/kg)	30–50	45–80	60–120	150–250	100–150	90–120
Internal resistance	Very Low	Very low	Low	Moderate	Low	Very low
Cycle life <sup>2</sup> (80% DoD)	200–300	1,000 <sup>3</sup>	300–500 <sup>3</sup>	500–1,000	500–1,000	1,000–2,000
Charge time <sup>4</sup>	8–16h	1–2h	2–4h	2–4h	1–2h	1–2h
Overcharge tolerance	High	Moderate	Low	Low. No trickle charge		
Self-discharge/month (room temp)	5%	20% <sup>5</sup>	30% <sup>5</sup>	<5% Protection circuit consumes 3%/month		
Cell voltage (nominal)	2V	1.2V <sup>6</sup>	1.2V <sup>6</sup>	3.6V <sup>7</sup>	3.7V <sup>7</sup>	3.2–3.3V
Charge cutoff voltage (V/cell)	2.40 Float 2.25	Full charge detection by voltage signature		4.20 typical Some go to higher V		3.60
Discharge cutoff voltage (V/cell, 1C)	1.75V	1.00V		2.50–3.00V		2.50V
Peak load current Best result	5C <sup>8</sup> 0.2C	20C 1C	5C 0.5C	2C <1C	>30C <10C	>30C <10C
Charge temperature	–20 to 50°C (–4 to 122°F)	0 to 45°C (32 to 113°F)		0 to 45°C <sup>9</sup> (32 to 113°F)		
Discharge temperature	–20 to 50°C (–4 to 122°F)	–20 to 65°C (–4 to 149°F)		–20 to 60°C (–4 to 140°F)		
Maintenance requirement	3–6 months <sup>10</sup> (topping chg.)	Full discharge every 90 days when in full use		Maintenance-free		
Safety requirements	Thermally stable	Thermally stable, fuse protection		Protection circuit mandatory <sup>11</sup>		
In use since	Late 1800s	1950	1990	1991	1996	1999
Toxicity	Very high	Very high	Low	Low		
Coulombic efficiency <sup>12</sup>	~90%	~70% slow charge ~90% fast charge		99%		
Cost	Low	Moderate		High <sup>13</sup>		

Per entendre amb una mica més de profunditat aquests tipus de bateries, es fa una breu explicació del funcionament de les bateries d'ions-Liti, que són les més utilitzades a dia d'avui pel sector dels vehicles elèctrics.

Una cel·la d'ió Liti està formada per dos elèctrodes submergits en una dissolució d'electròlit amb ions de Liti (Fig. 1 i Fig. 2). El càtode està format per un òxid metall (habitualment  $\text{CoO}_2$ ). L'ànode, en canvi, és de grafit. Quan la cel·la es troba carregada, els ions de Liti estan dipositats en l'ànode formant  $(\text{LiC}_6)$ . Si s'interconnecten elèctricament els dos elèctrodes, es produirà una transferència d'electrons de l'ànode al càtode a través del conducte elèctric (ja que la dissolució es aïllant) i els ions Liti que inicialment es trobaven amb el grafit, es desplaçaran a través de l'electròlit fins a arribar al càtode juntament amb els electrons per acabar formant  $\text{LiCoO}_2$ .

Per altra banda, si es connecta una font d'energia es reproduceix inversament aquest procés i es recarrega la bateria [15].

Cal remarcar que existeixen altres tipus de bateries com les de Plom-àcid i les de Níquel-Cadmi que també són àmpliament utilitzades, i tenen les seves pròpies característiques, reaccions químiques i particularitats. Tot i així, el principi de funcionament és similar.

Per altra banda, com ja s'ha definit existeixen unes altres bateries electroquímiques que mereixen ser explicades degut a la seva utilitat i aplicació en el present treball. Aquestes són les bateries electroquímiques de flux.

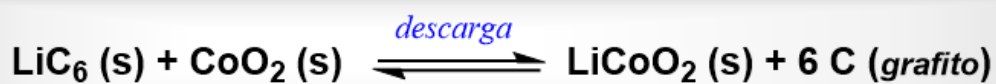
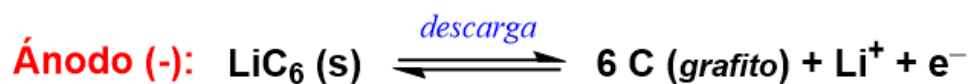
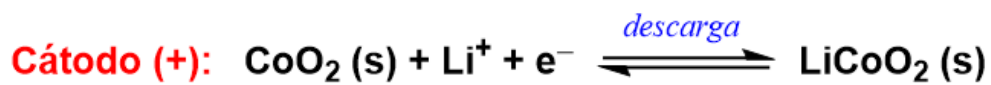


Fig. 1 Reaccions parcials i globals d'una cel·la d'ió-Liti d'òxid de Cobalt. Font: UBUSCIENTIA

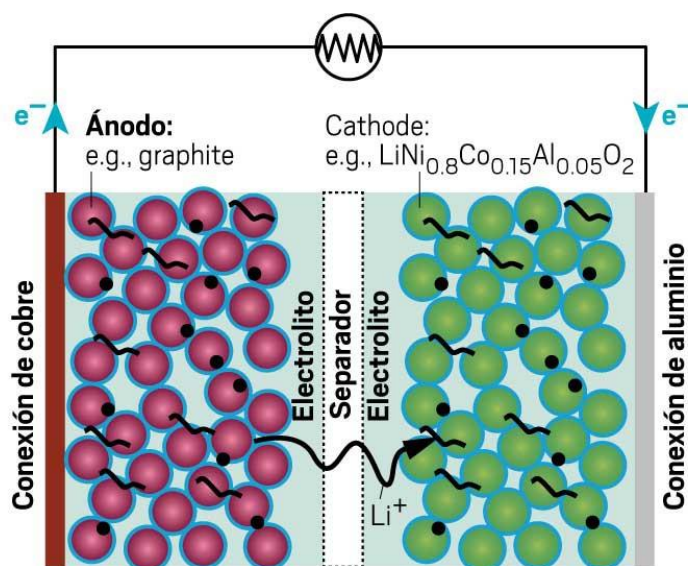


Fig. 2 Esquema d'una cel·la d'ió-Liti. Font: C&ACS

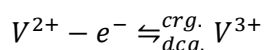
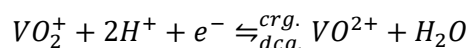
## 2.3. BATERIES REDOX DE FLUX (RFB)

En aquest treball s'ha decidit estudiar una tipologia de bateries relativament nova en el mercat, que són les bateries redox de flux. Són unes bateries electroquímiques que es caracteritzen per realitzar les seves reaccions en el mateix electròlit, és a dir, els elèctrodes no varien la seva composició química durant una càrrega o una descàrrega.

Aquest fet, provoca que la potència i la capacitat energètica d'una cel·la d'aquest tipus quedin independitzades, ja que l'energia que es podrà emmagatzemar dependrà del volum d'electròlit i la potència que pugui aportar dependrà de la superfície dels elèctrodes i de la membrana de separació.

Per a fer-ho possible, la gran major part d'aquests tipus de sistemes es componen de dos dipòsits independents que emmagatzemen una dissolució d'àcid sulfúric amb Vanadi. El Vanadi és la opció més utilitzada en aquest tipus de bateries ja que ofereixen una particularitat química, ja que presenten 4 estats de valència diferents (+2, +3, +4, +5). Per això es pot utilitzar aquest element en els dos dipòsits: un tindrà les valències +2 i +3 i l'altre +4 i +5, en funció de l'estat de càrrega.

A la Fig. 3 es pot veure un esquema del funcionament d'aquesta tipologia de bateries. Quan s'inicia un procés de càrrega/descàrrega les bombes s'activen en sincronia i fan moure el flux dels electròlits a través de la membrana on es produeix la reacció química. Cada dissolució té la seva pròpia reacció que transforma l'estat de valència del Vanadi i desplaça ions d'hidrogen (H<sup>+</sup>) a través de la membrana a l'altre dissolució. Els electrons són també cedits/recollits pels elèctrodes i així es genera la corrent elèctrica.



Els principals avantatges d'aquesta tipologia de bateries són la seva capacitat de desacoblar les característiques de potència i capacitat energètica i la seva llarga vida útil d'aproximadament 20 anys i 10.000 cicles. A més, en sistemes ja existents es pot augmentar la capacitat energètica amb una facilitat tècnica i uns baixos costos relatius. Com a inconvenients té que disposa d'una baixa densitat energètica i de potència, una complexitat tecnològica més elevada que en altres solucions i una escassetat d'explotacions d'extracció de Vanadi [16]. Aquestes característiques fan que aquesta opció sigui ideal en aplicacions estacionàries on l'espai no sigui un factor molt limitant, i on es preveuen temps d'ús llargs amb possibilitats d'ampliació degut a increments de l'energia necessària.

Una de les aplicacions que encaixa amb aquest sistema és per alimentar una estació de càrrega de vehicles elèctrics com es veu en el present estudi.

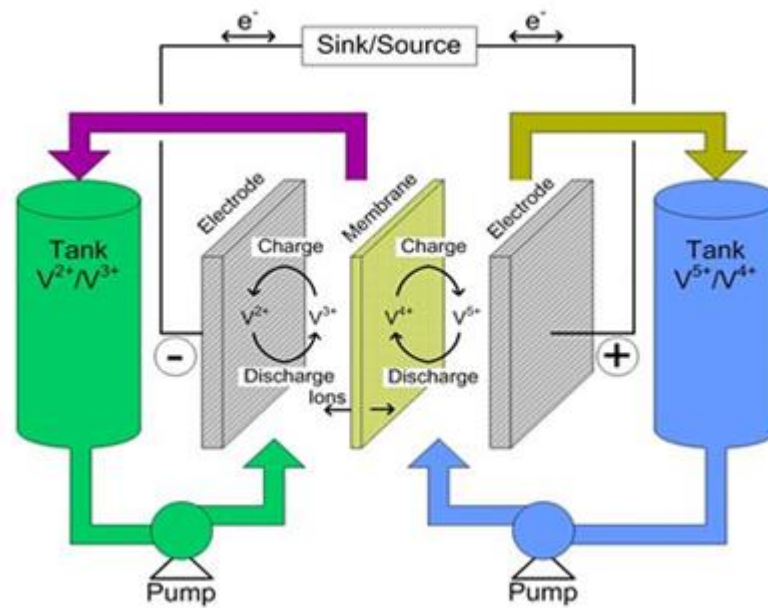


Fig. 3 Esquema d'una bateria redox de flux de Vanadi-Vanadi. Font: BATTERYUNIVERSITY.COM

## 2.4. NECESSITATS ENERGÈTIQUES DELS VEHICLES DE PROPULSIÓ ELÈCTRICA

Els vehicles de propulsió elèctrica que existeixen avui en dia en el mercat, es poden dividir en quatre grans grups: els vehicles elèctrics de bateria (BEV), els híbrids (HEV), els híbrids amb endoll (PHEV) i els de pila de combustible (FCEV).

En aquest apartat es veuen les característiques energètiques generals dels diferents tipus de vehicles elèctrics i s'analitza la seva importància i implicació en aquest treball de cada un d'ells.

### HIBRIDS ELÈCTRICS (HEV) [Fig. 5]

Aquests vehicles presenten dos motors, un de combustió interna i un d'elèctric. El motor elèctric és accionat mitjançant una bateria electroquímica que es carregada aprofitant l'energia de les frenades, desacceleracions i del propi motor de combustió. El fet de portar un segon motor, fa que el motor tèrmic pugui presentar menors dimensions. Aquest tipus de vehicle no permet la càrrega de la bateria mitjançant la connexió amb una xarxa elèctrica externa. D'aquesta manera, aquests no seran considerats en aquest treball [17].

### HIBRIDS ENDOLLABLES (PHEV) [Fig. 4]

Aquests automòbils són molt similars al cas anterior, ja que també tenen dos motors de propulsió. Al igual que els HEV, disposen d'una bateria electroquímica, generalment de majors dimensions i capacitats, per generar l'electricitat necessària. Típicament, el motor elèctric és utilitzat fins que l'estat de la bateria és baix, que és quan el motor de combustió interna és activat. Aquest segon motor també pot ser activat durant acceleracions grans, que el motor elèctric no podria cobrir. La bateria sol presentar més capacitat que els HEV, i per tant major autonomia elèctrica. Aquesta es carregada, al igual que en el cas anterior, aprofitant frenades i desacceleracions, a més a més de la poder-se carregar amb la connexió amb la xarxa [18].

### VEHICLES ELÈCTRICS DE BATERIA (BEV) [Fig. 7]

Aquests vehicles, a diferència dels anteriors, estan formats per un únic motor elèctric que s'alimenta d'una bateria electroquímica de grans dimensions. Aquest tipus ofereixen autonomies considerablement inferiors que els vehicles híbrids i de combustió interna. Per altra banda, destacar que aquests seran els vehicles protagonistes en aquest treball, donat que les bateries són de gran capacitat i en certes circumstàncies pot ser molt necessària la seva càrrega de forma molt ràpida. Aquest treball, es centra doncs, en la creació d'una infraestructura que pugui suplir la demanda energètica generada per aquests automòbils [19].



## VEHICLES ELÈCTRICS DE PILA DE COMBUSTIBLE (FCEV) [Fig. 6]

Aquest darrer cas que s'analitza, és un vehicle 100% elèctric, que enlloc de carregar una bateria electroquímica a través de la xarxa, es té un dipòsit d'hidrogen que reacciona per produir electricitat i aigua. Aquesta electricitat pot ser emmagatzemada en una bateria o consumida directament pel motor.

En aquest cas, no ofereixen la possibilitat de ser endollats a una xarxa elèctrica, ja que es carreguen directament amb el combustible utilitzat, l'hidrogen. Per tant, aquesta tipologia no és tampoc considerada en aquest projecte [20].

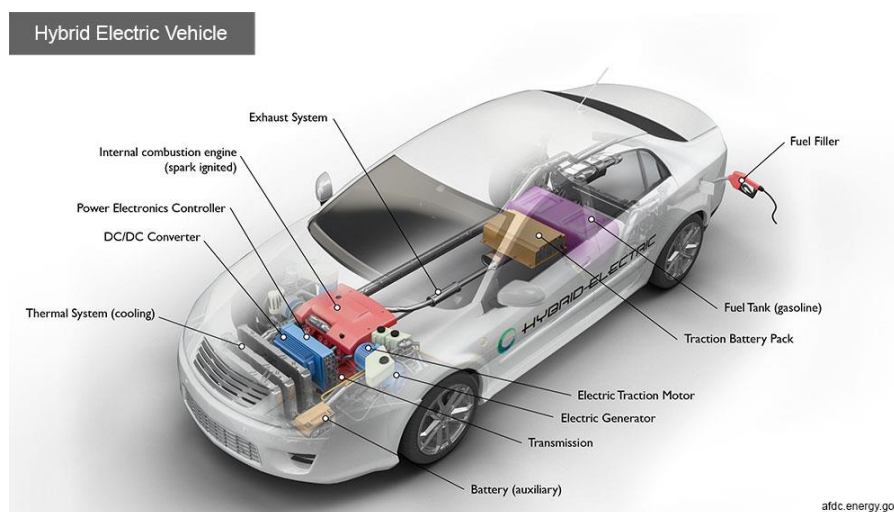


Fig. 5 Model i components principals del vehicle híbrid. Font: AFDC

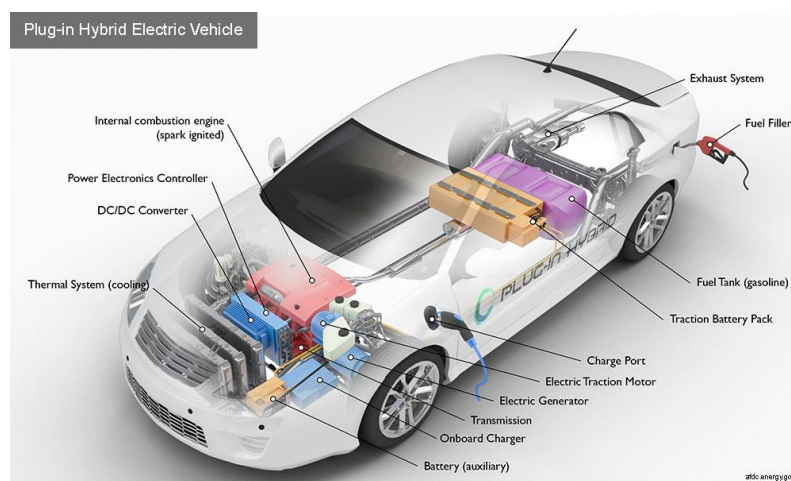
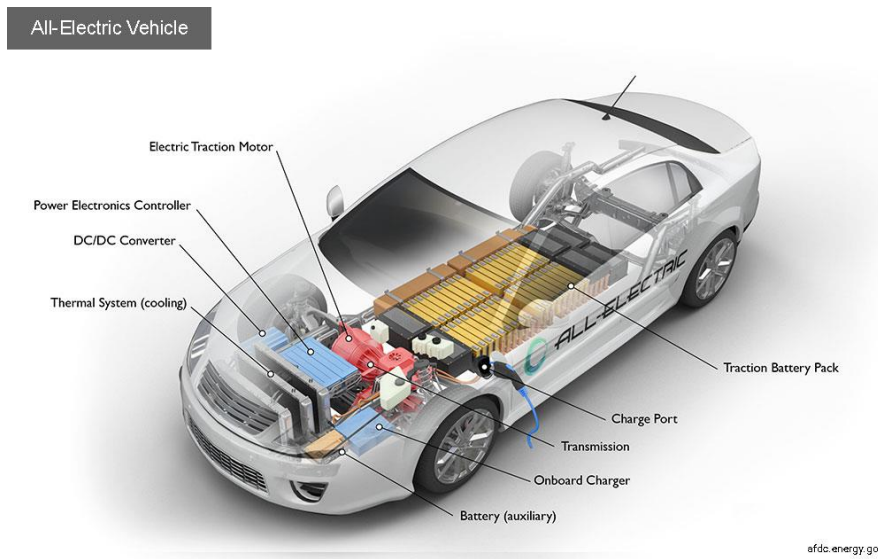
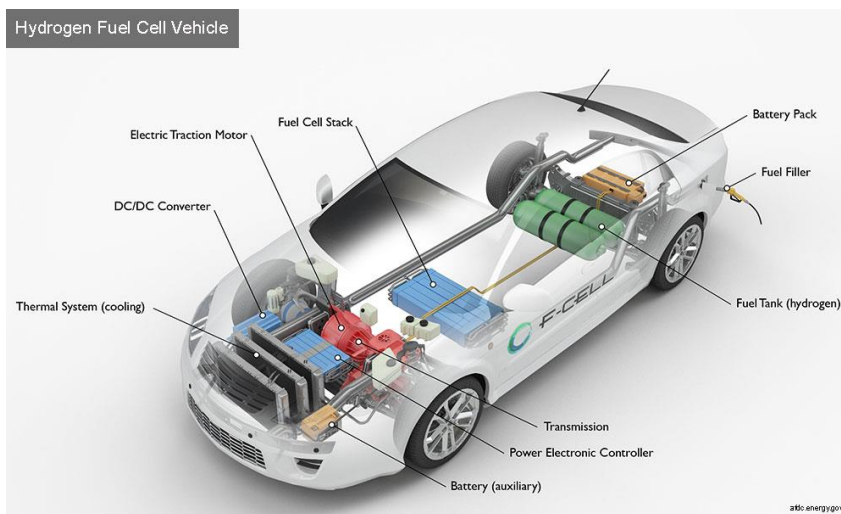


Fig. 4 Model i components principals del vehicle híbrid endollable.  
Font: AFDC



*Fig. 7 Model i components principals del vehicle elèctric de bateria. Font: AFDC*



*Fig. 6 Model i components principals del vehicle de pila de combustible. Font: AFDC*

## 2.5 TECNOLOGIES DE CÀRREGA DE VEHICLES ELÈCTRICS

Com s'ha explicat anteriorment, els vehicles elèctrics es propulsen a partir d'energia obtinguda a través de la seva bateria electroquímica recarregable. Aquestes bateries s'omplen mitjançant carregadors homologats capaços de regular els paràmetres elèctrics de l'operació de càrrega per tal de garantir la seguretat i la qualitat de la càrrega.

Els diferents carregadors es poden classificar en funció dels modes de càrrega especificats a la norma IEC 61851. Els modes es diferencien per la seva potència màxima de càrrega i pel seu tipus de connector, com es veu a la Fig. 8 i a la Taula 2.

*Taula 2 Relació dels modes de càrrega de VE. Font: POWERING CAR*

Mode	Connector	Corrent màxima	Tensió màxima	Potència màxima	Protecció integrada	Comunicació integrada
<b>Mode 1</b>	CEE 7/4	16 A <sub>CA</sub>	240 V <sub>CA</sub>	3,7 – 11 kW	No en disposa	No en disposa
<b>Mode 2</b>	CEE 7/4	32 A <sub>CA</sub>	240 V <sub>CA</sub>	3,7 – 22 kW	Sistema de seguretat	Comunicació vehicle - carregador
<b>Mode 3</b>	SAE J1772 Tipus 1	32 A <sub>CA</sub>	240 V <sub>CA</sub>	3,7 – 7,6 kW	Sistema de seguretat	Sistema de comunicació i monitorització
	IEC 62196 Tipus 2	63 A <sub>CA</sub>	480 V <sub>CA</sub>	15 – 43 kW		
<b>Mode 4</b>	IEC 62196 Tipus 1	125 A <sub>CC</sub>	850 V <sub>CC</sub>	Fins 200 kW	Sistema de seguretat	Sistema de comunicació i monitorització
	IEC 62196 Tipus 4	125 A <sub>CC</sub>	500 V <sub>CC</sub>	Fins 62 kW		

En resum, cada mode de càrrega presenta les seves característiques de potència, protecció i connexió. L'aplicació d'aquest treball en una gasolinera fa que els vehicles elèctrics que aniran a carregar-se a la instal·lació estudiada, han de poder-se carregar el més ràpid possible, ja que no es tractarà d'un lloc d'estacionament temporal de vehicles, sinó que serà un lloc on l'usuari arribarà, carregarà el cotxe i marxarà. Per tant, es decideix que el mode de càrrega que s'utilitzarà serà el mode 4.

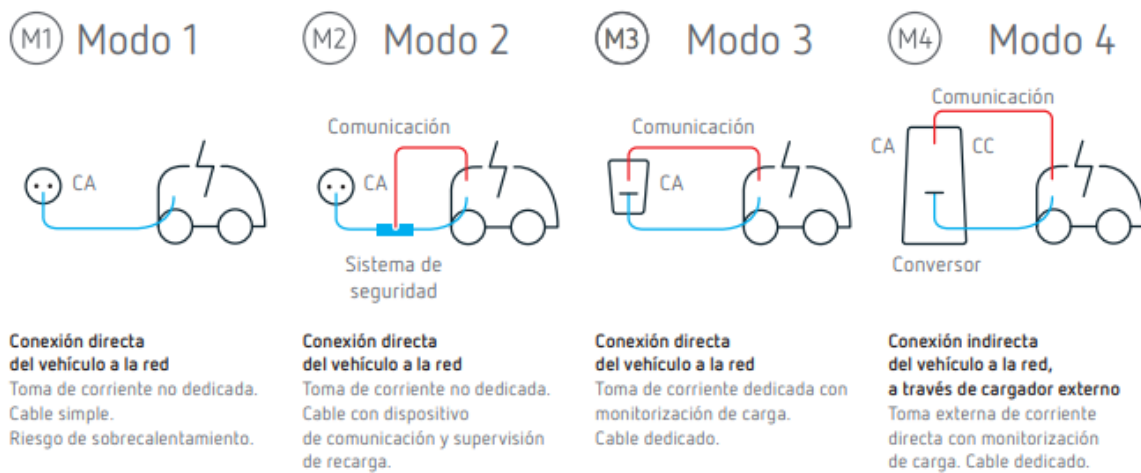


Fig. 8 Resum esquemàtic dels quatre modes de càrrega Font: CIRCUTOR

Per altra banda, cal remarcar que donada la potència que pot arribar a donar aquest mode de càrrega, no es pot utilitzar el regulador de càrrega integrat en el vehicle ja que se'n necessita un de gran dimensions extern. Així, s'haurà d'estudiar la incorporació d'aquest equip ja sigui de forma integral amb el carregador o de forma externa.

### 3. CONCEPTE SUNOFAST®

En aquest apartat es pretén fer una presentació sobre la idea que representa aquest treball, quin problema tracta de solucionar i quin mètode utilitza.

#### 3.1. ILLA DE POTÈNCIA

Una instal·lació connectada a la xarxa elèctrica necessita tenir disponible una potència que sigui com a mínim el màxim de la potència que es pot arribar a consumir en un moment determinat. El problema d'això és que és possible que aquesta potència màxima produint en breus moments de temps.

Per exemple, una indústria consumeix una potència màxima de 100 kW en un moment determinat. La resta de les hores consumeix una potència menor. Aquesta instal·lació es podria connectar a una potència menor de 100 kW, però de forma constant i que l'energia provinent de la xarxa s'anés acumulant o alliberant des d'un sistema d'emmagatzematge en funció de si la potència consumida pels equips fos menor o major que la potència contractada. Aquesta solució es el que es coneix com a Illa de Potència. A la Fig. 9 es mostra un exemple gràfic d'aquesta idea.

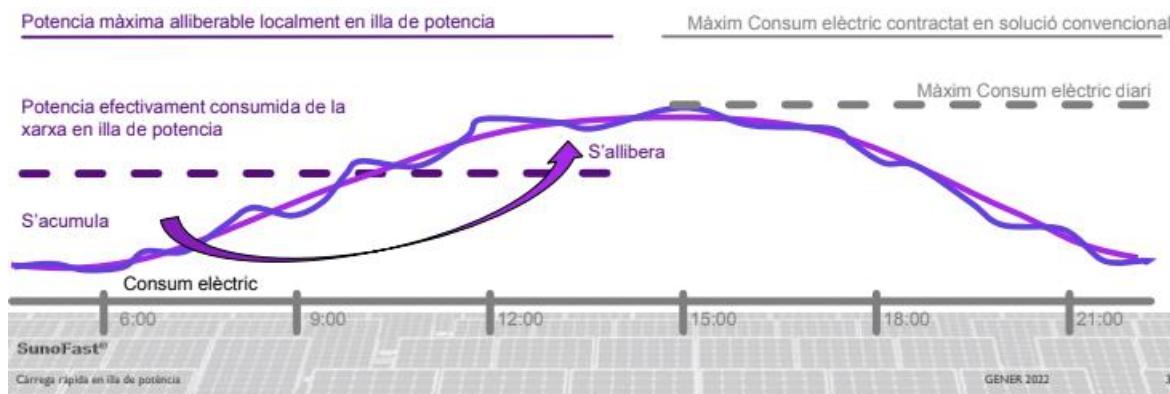


Fig. 9 Justificació gràfica de l'illa de potència. Font: SunoWatt.

Aquest disseny de gestió energètica permet una sèrie d'avantatges:

- Es reduïria la potència contractada de la xarxa, amb la seva reducció de costos que comporta.
- Possibilitat d'integració amb energies renovables no gestionables (solar fotovoltaica i eòlica).
- Possibilitat d'increment de la potència consumida sense la necessitat d'augmentar la potència contractada.
- Possibilitat de convertir punts on hi havia una limitació de la potència de la xarxa, en llocs oferidors de potència elevada.

## **3.2. ILLA DE POTÈNCIA ADAPTADA A CÀRREGA DE VEHICLES**

L'illa de potència pot ser implementada en multitud de sectors i aplicacions que tinguin un consum d'energia desigual (no constant) en el temps i moments amb un consum de potència elevada.

Aquest treball estudia una aplicació concreta que encaixa amb aquesta condició: la càrrega súper-ràpida de vehicles elèctrics (Fig. 10). Això és així, ja que aquesta activitat requereix una elevada potència (>100 kW) en intervals relativament curts de temps, i en altres intervals no hi ha demanda de consum (quan no hi ha vehicles connectats als punts de recàrrega). Per altra banda, per garantir que les gasolineres i zones de descans properes a autopistes, però lluny de la xarxa d'alta tensió (i per tant, d'alta potència) puguin incorporar aquests carregadors, serà necessari adoptar la solució que ofereix l'illa de potència.

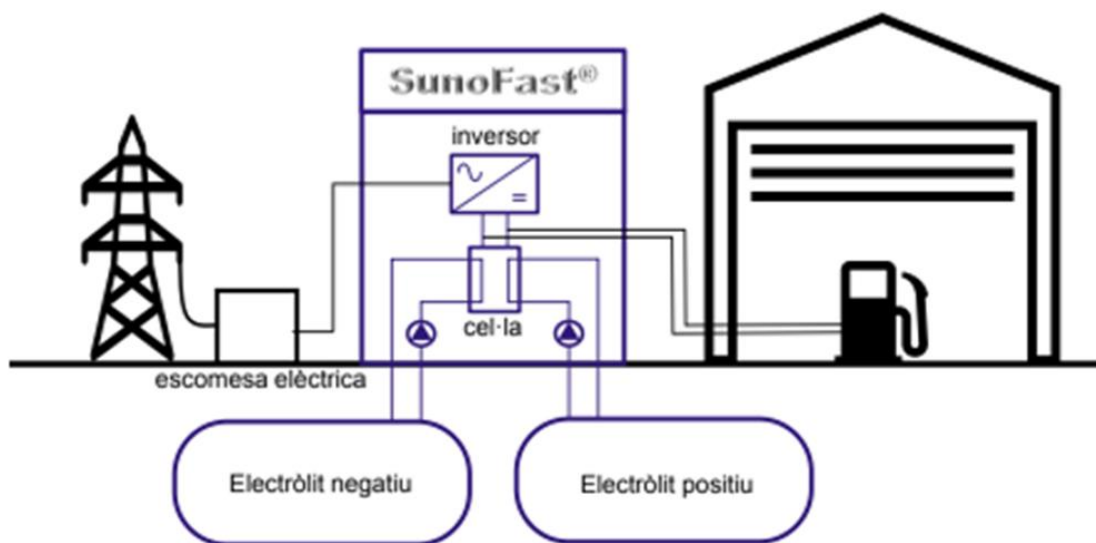


Fig. 10 Esquema bàsic d'una illa de potència per a càrrega de vehicles elèctrics. Font: SunoWatt.

Aquest sistema utilitzaria bateries de flux donada la seva propietat d'emmagatzemar l'electròlit en dipòsits i separar les característiques de potència i de capacitat d'aquestes. Aquests dipòsits podrien ser superficials o anar enterrats, en funció de l'espai disponible de la gasolinera. A part es podria estudiar la compatibilitat d'aprofitar els dipòsits de combustibles fòssils ja existents per a guardar-hi l'electròlit, i en cas de no ser-ho analitzar possibles tractaments per a fer-ho possible.

### 3.3. PROVEÏDORS TECNOLÒGICS

Per construir el sistema *SunoFast®*, s'ha hagut de fer un estudi de mercat i trobar les millors ofertes entre els proveïdors tecnològics per cada un dels elements que componen la instal·lació.

Per a fer la selecció dels subministradors, s'han tingut en compte factors tant tècnics com econòmics. Pel que fa als factors tècnics, s'han avaluat les característiques de les solucions aportades i la seva integrabilitat amb el sistema. En quant als factors econòmics, s'han prioritzat les opcions que ofereixen el seu producte amb els corresponents serveis complementaris (construcció, manteniment, monitorització, assegurança...) amb les millors costos.



## **SISTEMA D'EMMAGATZEMATGE**

Com s'ha comentat anteriorment, la solució de *SunoFast®* es basa en bateries electroquímiques, concretament, les bateries de flux. Aquestes bateries presenten els avantatges de tenir un cicle de vida llarg d'uns 20 anys (en 10.000 cicles), i de poder ser redimensionats per emmagatzemar més energia a un cost reduït. Per altra banda, solen ser confeccionats en contenidors estàndard per tal de poder ser apilats i aconseguir unes estructures compactes. Com s'ha comentat, per aquests motius són ideals per l'aplicació de la recàrrega de vehicles elèctrics.

En aquest treball s'ha fet la recerca i la selecció de diversos productors i distribuïdors d'aquest tipus de bateries redox. Alguns d'ells són *CellCube*, *HydraRedox* i *Volterion*.

## **PUNTS DE CÀRREGA RÀPIDA**

Els punts de càrrega han de permetre la càrrega ràpida o súper-ràpida dels vehicles elèctrics. Han de poder ser integrats amb tot el sistema d'emmagatzematge d'energia, producció fotovoltaica i xarxa elèctrica. Les marques i productes valorats han estat *Ionity*, *Ingeteam*, *Circontrol*, *Wallbox* i *Tesla*.

## **ALTRES COMPONENTS D'ELECTRÒNICA DE POTÈNCIA**

Per tal de poder fer la connexió de tots els elements s'ha de fer una adaptació de les condicions elèctriques de tensió i de tipus de corrent. Les condicions són les següents:

- El carregador ha de donar una tensió compatible amb la bateria dels VE (>400 V).
- La potència FV genera corrent en forma contínua a una tensió que depen de la seva arquitectura i el seu nombre de mòduls. Aquesta corrent ha de ser adaptada per a que pugui carregar la bateria de flux i per a que pugui ser aprofitada per a la càrrega dels vehicles.
- L'energia provinent de la xarxa ve en forma alterna a una tensió coneguda. S'ha de convertir a corrent continua tant per la càrrega de la VRFB com dels VE.
- Finalment, s'ha d'estudiar la compatibilitat de la tensió de la VRFB amb la del punt de càrrega, i convertir-la si escau.

Més endavant, s'estudien diferents opcions per fer la integració de tots aquests components de potència. Els fabricants contactats han estat *Ingeteam* i *Circutor*.



## **SISTEMA DE GENERACIÓ FOTOVOLTAICA**

En aquest cas s'han estudiat proveïdors que ofereixen solucions amb una bona relació qualitat/preu de plaques solars i estructures fixes metàl·liques. S'ha decidit utilitzar panells fotovoltaics de la casa Jinko, i estructures fixes de *Alusin Solar (Sistema Muniellos)*.

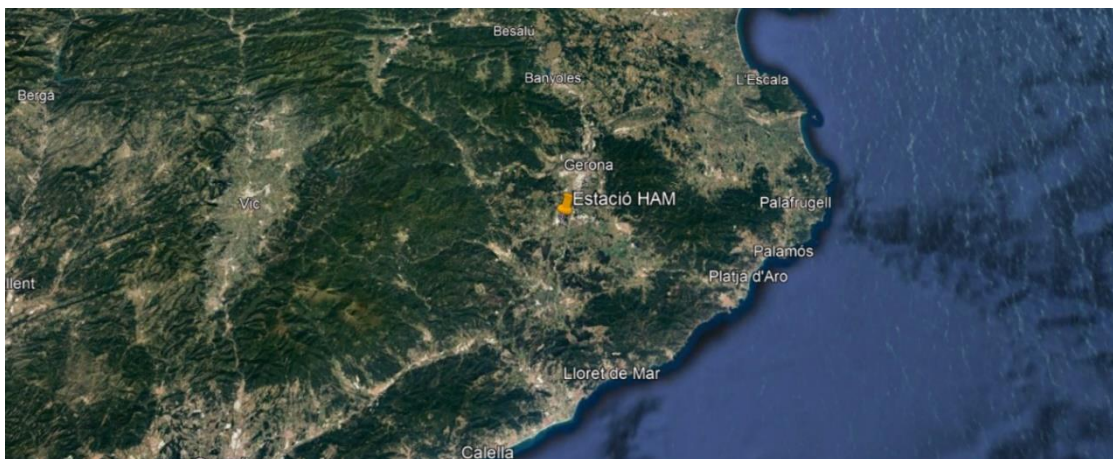
## 4. CAS PRÀCTIC: CONDICIONS PER A LA VIABILITAT DE L'ILLA DE POTÈNCIA

Per tal de realitzar aquest treball, s'ha dissenyat un sistema per a un cas concret d'una gasolinera existent. Tot i així, els mètodes utilitzats són extrapolables a altres instal·lacions o altres gasolineres sofertes a diferents condicions de demanda i paràmetres tècnics.

### 4.1. SITUACIÓ, EMPLAÇAMENT I CARACTERÍSTIQUES DE LA GASOLINERA ESTUDIADA

L'estudi es realitza per una gasolinera existent que ofereix recàrrega de combustibles de Gasoil A i Gasolina 95, propietat de l'empresa HAM. Aquesta instal·lació es troba situada al municipi de Riudellots de la Selva, de la comarca de La Selva (Girona), al costat de l'Aeroport de Girona – Costa Brava. A prop seu hi passa l'autopista AP-7, la carretera N-II i una via de trens operada per ADIF, utilitzada per les línies R11 i RG1.

Tot i que aquest emplaçament podria semblar ideal per a la realització d'aquest treball, donat que es troba proper a una autopista, el fet que també estigui proper a una línia de ferrocarril i que a més estigui a una zona industrial, la potència disponible de la xarxa en aquest punt podria arribar a ser elevada. De totes formes, segons els propietaris la potència contractada de la xarxa és força limitada i per augmentar aquesta s'han de recórrer a instal·lacions addicionals.



*Fig. 11 Situació de l'estació de càrrega. Font: Google*

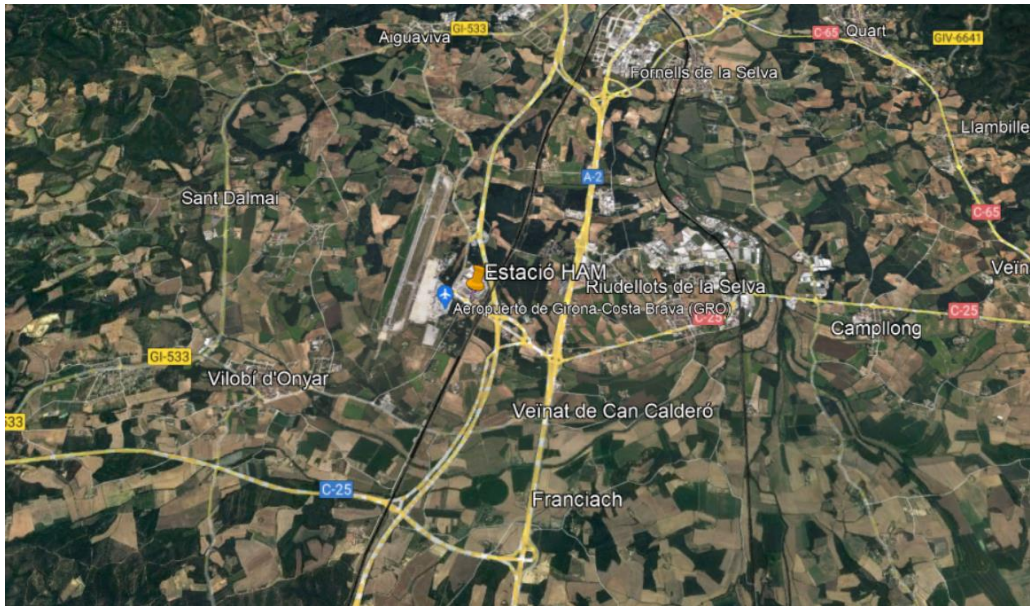


Fig. 13 Emplaçament de la gasolinera. Font: Google.



Fig. 14 Estat actual de la gasolinera. Font: Google.

A la Fig. 11, Fig. 13 i Fig. 14 es pot veure la localització de la infraestructura i l'estat actual d'aquesta. A la Fig. 15 es poden veure fotografies de la infraestructura.

Com es pot observar, aquest emplaçament ofereix un espai disponible considerablement gran, que podrà ser ocupat pels equips del sistema: la bateria, els carregadors, els sistemes inversors/convertidors de potència...

Per altra banda, es pot observar que aquest terreny disposa d'una zona no pavimentada que pot ser aprofitada per un petit camp de panells fotovoltaics.



*Fig. 15 Imatges de la gasolinera HAM de Riudellots de la Selva.*



## 4.2. ESTIMACIÓ DE LES NECESSITATS ENERGÈTIQUES DE L'ILLA DE POTÈNCIA

Per tal de dimensionar l'illa de potència i tots els seus elements, és important conèixer la demanda que aquesta instal·lació haurà de cobrir. Una vegada estimada aquesta demanda, es poden calcular les dimensions i els paràmetres que ha de tenir la instal·lació de càrrega súper-ràpida. Cal remarcar que l'estudi energètic que es mostra a continuació només té en compte la demanda energètica ocasionada per la càrrega de vehicles elèctrics, és a dir, es suposa que la zona de descans (necessària donats els temps de càrrega actuals dels VE d'entre 10 i 30 minuts) s'alimenta d'un punt diferent al sistema dissenyat i per tant l'estudi d'aquesta instal·lació complementària no entra dins l'abast del present estudi.

Per altra banda, també es suposa que els actuals punts de càrrega de combustible que té instal·lats la gasolinera HAM són completament substituïts per punts de càrrega elèctrics, i per tant tampoc es considera cap tipus de consum elèctric per part de bombes o equips per a la recàrrega vehicles de combustió interna.

### 4.2.1. ESTIMACIÓ DEL MERCAT DE VEHICLES ELÈCTRICS

Per a determinar les corbes de la demanda de vehicles elèctrics han sorgit dues problemàtiques. Per una banda, l'empresa propietària de la gasolinera estudiada no disposa de cap sistema de recollida de dades d'ús de les seves instal·lacions. Per altra banda, en el moment de fer l'estudi, aquest establiment no té cap utilització per part d'usuaris de vehicles elèctrics ja que no ofereix aquest tipus de servei. Això provoca, que encara que es tinguessin les dades o estadístiques d'ús, tampoc reflectirien el segment de vehicles al qual aquest projecte va dirigit.

D'aquesta manera, s'ha optat per dissenyar un generador de corbes de demanda per poder fer estimacions d'aquestes dades de consum. Aquest generador depèn de diversos paràmetres que s'han escollit en funció d'un estudi de mercat que s'explica a continuació.

Finalment, aquestes corbes són simulades sota les condicions de l'illa de potència per tal de fer l'estudi energètic i dimensionar els diferents elements que la conformen.

## **MERCAT DELS VEHICLES ELÈCTRICS**

El primer pas, consisteix en fer un breu estudi de mercat per tal de sembrar una base pels valors dels paràmetres que utilitza el generador de corbes.

Així, es classifiquen els vehicles elèctrics en funció de factors com la capacitat de la bateria i la potència de càrrega en mode 4 (Taula 3).

Comparant diferents models de vehicles s'ha observat una relació amb la longitud (o dimensions) del vehicle i la seva potència de càrrega i capacitat de bateria. Així, es divideixen els models per segments segons el document *Case No COMP/M.1406 HYUNDAI / KIA REGULATION (EEC) No 4064/89 MERGER PROCEDURE* del 1999 de la UE<sup>1</sup>. Cal comentar que no s'han tingut en compte els segments J, ja que es poden classificar per la seva longitud com a part del segments B i C, el segment M que es pot catalogar com a segment F i el segment S que són vehicles esportius i que es poden classificar entre els altres segments.

Per altra banda, segons l'Informe Anual d'Anfac del 2019, cada tipus de vehicle va tenir una quota de matriculacions segons la Taula 4.

Aquesta taula es pot reconvertir en una taula segons els segments europeus comentats anteriorment per poder tenir unes dades comparables<sup>2</sup> (Taula 5).

---

<sup>1</sup> Aquest document de la UE del 1999 no formalitza la regulació d'aquesta classificació, simplement és mencionada.

<sup>2</sup> Aquesta conversió s'ha realitzat investigant els vehicles més comuns de cada segment segons ANFAC i classificant-los segons les seves característiques en segments europeus (A, B, C, D, E i F)

*Taula 3 Segments europeus de vehicles segons les seves característiques energètiques. Font: Elaboració pròpia.*

Segment	Tipus de vehicle	Capacitat de bateria	Potència de càrrega
<b>A</b>	Minis	30 kWh	50 kW
<b>B</b>	Petits	50 kWh	50 kW
<b>C</b>	Mitjans	50 kWh	100 kW
<b>D</b>	Grans	70 kWh	150 kW
<b>E</b>	Executius	70 kWh	150 kW
<b>F</b>	Luxe	90 kWh	300 kW

*Taula 4 Quotes de matriculacions segons el tipus de vehicle (Espanya, 2019). [21]*

Matriculacions Espanya	2019	Nombre	Quota
Urbà		55.132	4,17%
Utilitari		289.394	21,90%
Compacte		272.838	20,65%
Mitjà		61.161	4,63%
Gran		8.660	0,66%
Premium		2.487	0,19%
Deportiu Alt		738	0,06%
Deportiu Baix		1.986	0,15%
Monovolum Petit		67.938	5,14%
Monovolumen Gran		7.751	0,59%
SUV Petit		196.625	14,88%
SUV Mitjà		288.855	21,86%
SUV Gran		54.871	4,15%
SUV Premium		7.928	0,60%
Tot terreny		4.982	0,38%
<b>TOTAL</b>		<b>1.321.346</b>	<b>100,00%</b>

*Taula 5 Quotes de matriculacions segons segments europeus (Espanya, 2019)*

Segment	Quota	Aproximació
A	4,2%	5,0%
B	36,9%	35,0%
C	52,5%	50,0%
D	4,7%	5,0%
E	1,3%	2,5%
F	0,6%	2,5%

S'agafa com a hipòtesis que la distribució per segments de les matriculacions del 2019 reflexa la distribució del parc de vehicles totals. També com a hipòtesis, es suposa que la distribució dels vehicles elèctrics és la mateixa que la general.

D'aquesta manera, en aquest estudi es realitza una simulació basada en fulles de càlcul per aquest escenari de parc de vehicles.

De totes formes, degut a la gran dificultat de predir la situació del mercat de vehicles elèctrics, donada la quantitat de factors implicats, aquestes dades podrien no representar amb precisió l'estat actual d'aquest sector. A més, la distribució per segments, així com les prestacions energètiques dels models dels vehicles podrien canviar en el futur degut als avenços tecnològics i evolucions en el mercat.

Tot i així, destacar que les fulles de càlcul programades permeten la creació de situacions i escenaris d'una forma molt senzilla a partir dels paràmetres considerats. Es convida al lector, a provar les fulles de càlcul incloses en els annexos, jugant amb els paràmetres i observant els canvis en les corbes i resultats generats.



## 4.2.2. GENERACIÓ DE CORBES DE DEMANDA

Com s'ha explicat anteriorment, degut a que ha estat impossible adquirir les dades d'utilització actuals de la gasolinera de Riudellots de la Selva, s'ha decidit crear un generador de corbes de demanda per tal de simular escenaris de càrrega de vehicles en funció de diferents paràmetres que s'exposen a continuació. Aquests paràmetres, tot i que s'han escollit justificadament, no tenen per que representar realment la situació real, degut a que hi ha molts de factors implicats i aquests poden canviar en el futur d'una forma desconeguda. Per tot això, s'ha creat el generador de corbes de tal forma que sigui molt senzill generar noves corbes amb paràmetres diferents.

Per realitzar aquesta tasca, es realitzen dos passos: primer es genera un model d'arribades de vehicles aleatori (en els annexes es pot veure aquest model i els seus paràmetres en el fitxer *generador\_arribades.xlsx*), en segon lloc, s'agafen aquestes dades, i pel nombre de punts de càrrega seleccionats s'obtenen les corbes de demanda necessàries per a simular l'estació (aquest pas es pot veure també en els annexes en el document *generador\_de\_demanda.xlsx*).

### GENERACIÓ D'ARRIBADA DE VEHICLES

A continuació es mostren els paràmetres a tenir en compte per generar les corbes de demanda:

1. Distribució per tipus de vehicle segons la seva capacitat de la bateria i potència màxima de càrrega (Taula 6)

Respon a la classificació realitzada de vehicles elèctrics per segments, explicada a l'apartat anterior d'estimació del mercat de VE.

2. Freqüència de vehicles segons hora, dia i mes de l'any (Taula 7)

Com ja s'ha comentat, en un principi es volien utilitzar les dades d'ús de la pròpia gasolinera. Malauradament, no s'ha pogut aconseguir aquesta informació i es fa l'estimació a partir de les dades d'ús de carreteres i autopistes properes a l'estació. Aquesta informació és pública i depèn del Ministeri de Transports, Mobilitat i Agenda Urbana d'Espanya. Les autopistes/carreteres tingudes en compte són la AP-7 (tram Montmeló – La Jonquera) i la A-2 (tram Sils – Fornells de la Selva).

Per fer això, s'ha decidit crear un paràmetre que serveix com a base per a calcular la mitjana de vehicles per hora que hi ha a l'estació en cada moment. Es consideren dues hipòtesis de demanda que es desenvoluparan al llarg d'aquest capítol: una hipòtesis optimista (escenari d'alta demanda) i una hipòtesis pessimista (escenari de baixa demanda).

Per altra banda, per generar els vehicles per hora que arriben en cada moment s'ha creat un factor de multiplicació que s'aplica a la base anterior i que depèn de l'hora i el dia de la setmana (Taula 8). Aquests paràmetres segueixen una distribució de “campana” similar a la que segueix el trànsit en una carretera o autopista de forma genèrica. A més, per simplificar, es considera que tots els dies laborables (de dilluns a divendres) presenten la mateixa corba característica i els caps de setmana (dissabtes i diumenges) una altra.

### 3. Percentatges d'inici i de fi de càrrega (Taula 9)

Tenint en compte que es tracta d'una estació de càrrega ràpida, al costat d'una autopista, es pot fer la hipòtesi, de que els clients de l'estació de càrrega (o la majoria d'ells) realitzen viatges de llarg abast i per això estan interessats en carregar l'automòbil amb un estat de bateria baix (que es considera d'un 20%) fins a un estat de bateria alt (d'un 80%) amb el menor temps possible. A aquests percentatges se li apliquen una desviació d'un 10% per tal d'afegir-li aleatorietat al generador:

### 4. Nombre de punts de càrrega instal·lats

Aquest últim paràmetre realment és una incògnita, ja que es realitzaran diverses simulacions amb diferent nombres per veure quin és l'òptim.

D'aquesta manera, es generen dades de vehicles segons les distribucions calculades i seguint una funció exponencial per l'ordre d'arribades d'aquests. Aquesta funció crea un valor que representa el temps entre que arriba un vehicle i que arriba el següent segons una mitjana de vehicles per hora que s'actualitza segons l'instant (tenint en compte la distribució d'ús per hora, i dia de la setmana).

Així, primer de tot es genera una llista de vehicles segons els models i els paràmetres que s'han comentat per un any sencer<sup>3</sup>. A la Taula 10 es pot veure una porció d'aquesta llista pels dies 9 i 13 de Juny.

*Taula 6 Distribució del parc de vehicles elèctrics.*

PARÀMETRES DE VEHICLES	A	B	C	D	E	F
<b>Capacitat de la Bateria</b>	<b>30 kWh</b>	<b>50 kWh</b>	<b>50 kWh</b>	<b>70 kWh</b>	<b>70 kWh</b>	<b>90 kWh</b>
<b>Potència de càrrega màxima</b>	<b>50 kW</b>	<b>50 kW</b>	<b>100 kW</b>	<b>150 kW</b>	<b>150 kW</b>	<b>300 kW</b>
<b>Percentatge parc de vehicles</b>	<b>5%</b>	<b>35%</b>	<b>50%</b>	<b>5%</b>	<b>2,5%</b>	<b>2,5%</b>

<sup>3</sup> En aquest estudi, les diferents corbes i càlculs tant energètics com econòmics es fan amb dades de l'any 2019, per tal d'evitar biaixos relacionats amb la pandèmia i conflictes geopolítics actuals (guerra d'Ucraïna...) que han desestabilitzat i alterat l'economia mundial.

Taula 7 Base de mitjana de vehicles segons els escenaris de demanda generats.

ESCENARI	BASE DE MITJANA DE VEHICLES
ALTA DEMANDA	2 veh./h
BAIXA DEMANDA	1 veh./h

Taula 8 Coeficients horaris i diaris aplicats a la base mitjana de vehicles.

DISTRIBUCIÓ TEMPORAL DELS COEFICIENTS DEL TRÀNSIT							
	DL	DM	DX	DJ	DV	DS	DM
0:00	¼	¼	¼	¼	¼	¼	¼
1:00	¼	¼	¼	¼	¼	¼	¼
2:00	¼	¼	¼	¼	¼	¼	¼
3:00	¼	¼	¼	¼	¼	¼	¼
4:00	¼	¼	¼	¼	¼	¼	¼
5:00	¼	¼	¼	¼	¼	¼	¼
6:00	¼	¼	¼	¼	¼	¼	¼
7:00	1	1	1	1	1	¼	¼
8:00	3	3	3	3	3	¼	¼
9:00	2	2	2	2	2	¼	¼
10:00	2	2	2	2	2	1	1
11:00	2	2	2	2	2	1	1
12:00	2	2	2	2	2	2	2
13:00	4	4	4	4	4	3	3
14:00	4	4	4	4	4	3	3
15:00	4	4	4	4	4	2	2
16:00	4	4	4	4	4	2	2
17:00	2	2	2	2	2	1	1
18:00	2	2	2	2	2	1	1
19:00	2	2	2	2	2	1	1
20:00	2	2	2	2	2	1	1
21:00	1	1	1	1	1	1	1
22:00	1	1	1	1	1	1	1
23:00	¼	¼	¼	¼	¼	¼	¼

Taula 9 Paràmetres dels estats de càrrega dels VE. Font: Elaboració pròpia.

PARÀMETRES PERCENTATGE DE CÀRREGA	
Percentatge mitjà inici de càrrega	20%
Percentatge mitjà final de càrrega	80%
Desviació estats inicial i final de càrrega	10%

Taula 10 Exemple d'una generació de dades d'arribades

Model de Vehicle	Potència de càrrega	Temps de càrrega	Temps entre arribades	Moment d'arribada
...	...	...	...	...
<b>C</b>	100 kW	0,27 h	6,79 h	09/06/2019 10:34
<b>B</b>	50 kW	0,72 h	0,47 h	09/06/2019 11:02
<b>C</b>	100 kW	0,22 h	1,24 h	09/06/2019 12:17
...	...	...	...	...
<b>C</b>	100 kW	0,34 h	0,79 h	13/06/2019 13:05
<b>B</b>	50 kW	0,64 h	0,67 h	13/06/2019 13:45
<b>D</b>	150 kW	0,30 h	0,39 h	13/06/2019 14:08
<b>B</b>	50 kW	0,76 h	0,49 h	13/06/2019 14:38
...	...	...	...	...

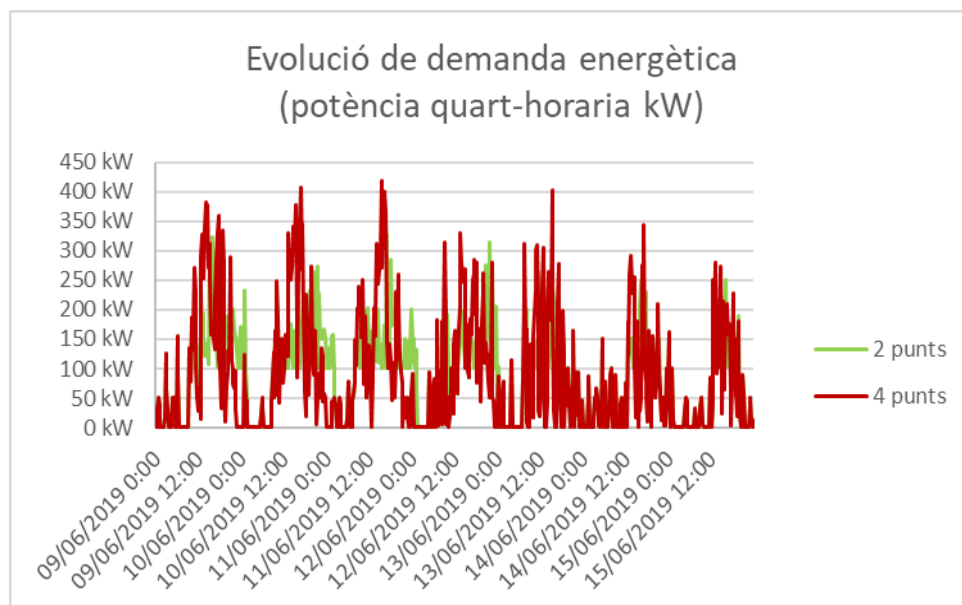
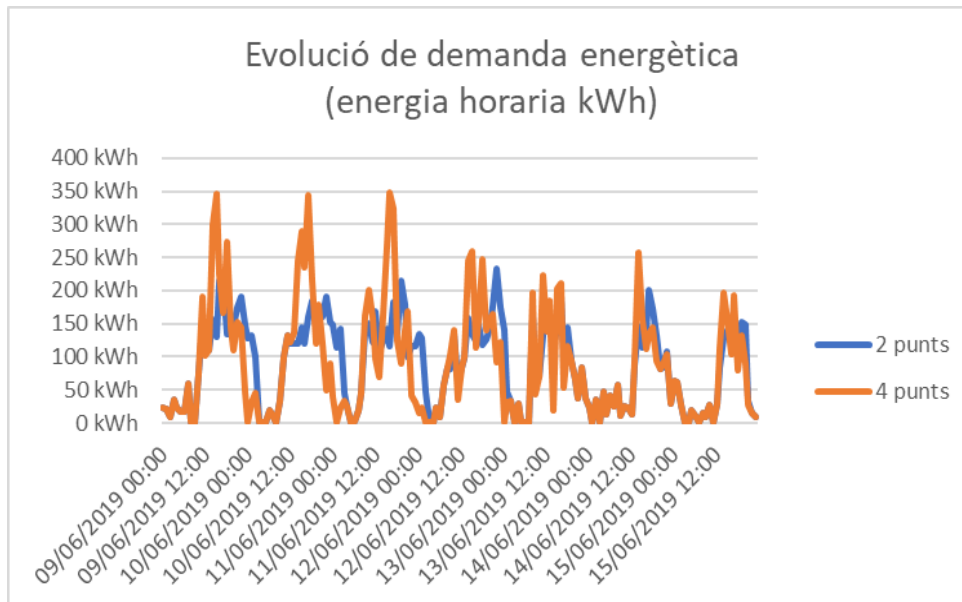
## GENERACIÓ DE CORBES DE DEMANDA

Per cada un d'aquests vehicles que arriba a l'estació, es comprova que hi hagi algun punt de càrrega lliure i si n'hi ha s'hi col·loca i es comença a carregar, i sinó l'usuari ha d'esperar fins que algun punt estigui disponible. Tot això es té en compte a l'hora de calcular la quantitat d'energia consumida o demandada pels usuaris en cada moment.

Així es genera una corba horària per l'energia i una corba quart-horària per la potència que s'estarà consumint en els punts de càrrega. En el cas de la potència es realitza per cada quart d'hora, degut a que aquesta és enregistrada així pel comptadors. D'aquesta manera, si és necessari, es pot calcular el terme d'excés de potència de la factura elèctrica. Tot i així, en el present estudi, es considera que no hi pot haver excés de potència i per tant quan hi hagi més demanda que capacitat hi haurà una quantitat d'energia no aportada als carregadors.

Aquestes corbes serveixen més endavant per poder fer un balanç energètic amb els diferents elements de l'estació (fotovoltaica, bateria...).

S'han obtingut diverses corbes tenint en compte els diferents escenaris de de demanda i el nombre de punts de càrrega instal·lats en el sistema. A la Fig. 16 i a la Fig. 17 es poden veure alguns exemples d'aquests balanços energètics per una setmana de Juny. Concretament, es tracta dels casos de 2 i 4 punts considerant una hipòtesis d'ús alta.



## ESTUDI DE CORBES DE DEMANDA

D'aquesta manera, per cada corba de demanda generada es poden extreure una sèrie de d'estadístiques que permeten descriure les característiques de cada escenari. Aquestes dades són obtingudes a partir de la Llei de Little [22] aplicada a una cua del tipus G/G/s (segons la notació de Kendall [23]). On la G representa una distribució d'arribades o de servei genèrica i la s el nombre de servidors (punts de càrrega).

A la *Taula 11* i a la *Taula 12* es poden observar les resultats obtinguts per 8 situacions diferents (4 suposant un escenari d'alta demanda i 4 suposant un escenari de baixa demanda).

Les expressions utilitzades per a calcular cada un dels paràmetres i estadístiques de les corbes es troben explicades a continuació.

### Nombre total de vehicles que utilitzen el sistema en un any (N [veh.])

Pel cas del present estudi, es compten la quantitat de vehicles que han passat pel sistema durant l'any estudiat.

### Mitjana d'arribada de vehicles ( $\lambda$ [veh./h])

És una estadística sobre el ritme d'arribada dels usuaris a l'estació.

$$\lambda = \frac{N}{\sum_i^N ta_i}$$

On  $ta_i$  és el temps entre arribades del vehicle i. Representa el valor de la quarta columna de la taula de vehicles i com ja s'ha explicat, s'ha obtingut de forma aleatòria seguint una distribució exponencial que varia en funció de l'hora i del dia de la setmana.

### Mitjana d'utilització d'un vehicle ( $\mu$ [veh./h])

Aquest paràmetre representa el temps mitjà que necessita un usuari per carregar el seu vehicle.

$$\mu = \frac{N}{\sum_i^N tu_i}$$

On  $tu_i$  és el temps d'utilització del vehicle i. Representa el valor de la tercera columna de la taula de vehicles. Depen del mdoel del vehicle i del percentatge de càrrega que es desitja augmentar.

**Nombre d'estacions de servei o punts de càrrega (s)**

Senzillament, són la quantitat de vehicles que poden utilitzar el servei de càrrega simultàniament.

**Temps mitjà d'espera dels usuaris [Wq]**

És l'estadística que mesura el temps que s'ha d'esperar un vehicle a la cua degut a que tots els punts de càrrega estan ocupats.

$$W_q = \frac{\sum_i^N te_i}{N}$$

On  $te_i$  és el temps d'espera d'un usuari calculat a partir de la disponibilitat dels servidors.

**Temps total d'un usuari en el sistema [W] (h)**

És el temps mitjà que un vehicle passa en el sistema considerant tant el temps efectiu d'ús com el temps d'espera.

$$W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

**Nombre mitjà de vehicles que es troben esperant [Lq] (veh.)**

Són el nombre mitjà de vehicles que hi ha a la cua de la gasolinera.

$$L_q = \lambda \cdot W_q$$

**Nombre mitjà de vehicles que es troben en el sistema [L]**

Són el nombre mitjà de vehicles que hi ha a la cua de la gasolinera.

$$L = \lambda \cdot W$$

*Taula 11 Estadístiques energètiques i d'utilització segons la hipòtesis de demanda alta.*

Nº Punts	Potència màxima [kW]	Energia anual [kWh]	Vehicles Totals	Lq [veh.]	L [veh.]	Wq [h]	W [h]
1 <sup>4</sup>	300 kW	667.571 kWh	-	-	-	-	-
2	520 kW	667.571 kWh	23.116	3,12	4,18	1,19	1,60
3	584 kW	667.571 kWh	23.116	0,64	1,7	0,24	0,65
4	672 kW	667.571 kWh	23.116	0,15	1,21	0,06	0,46

*Taula 12 Estadístiques energètiques i d'utilització segons la hipòtesis de demanda baixa.*

Nº Punts	Potència màxima [kW]	Energia anual [kWh]	Vehicles Totals	Lq [veh.]	L [veh.]	Wq [h]	W [h]
1	300 kW	320.719 kWh	10.313	1,74	2,22	1,47	1,87
2	417 kW	320.719 kWh	10.313	0,15	0,63	0,12	0,53
3	459 kW	320.719 kWh	10.313	0,02	0,50	0,02	0,42
4	493 kW	320.719 kWh	10.313	0,00	0,48	0,00	0,41

<sup>4</sup> Les estadístiques de cues calculades no es veuen ja que s'ha calculat que per aquestes condicions (alta demanda i 1 punt de càrrega) el sistema no podria cobrir la demanda, ja que teòricament es generarien cues infinites.



De la *Taula 11* i de la *Taula 12* es poden extreure una sèrie d'observacions:

- L'energia demandada no varia amb el nombre de punts de càrrega però sí amb els vehicles per hora que passen per l'estació.
- La potència màxima demandada augmenta amb el nombre de punts operatius.
- Un usuari es passa més temps a l'estació fent cua si hi ha menys punts i més demanda.
- No té sentit col·locar un sol punt de recàrrega ja que per l'escenari d'alta demanda es generarien cues infinites.

Com a conclusió, es pot afirmar que la capacitat de potència que ha de tenir la instal·lació pot ser més baixa a canvi de que els usuaris hagin d'esperar més. Per això, es prioritzarà el nombre de punts de càrrega que minimitzi el temps d'espera amb la limitació que comporta la potència màxima.

#### **4.2.3. SIMULACIÓ DE L'ILLA DE POTÈNCIA SEGONS DEMANDA**

En aquest apartat, s'agafen les dades dels escenaris hipotètics del punt anterior, i es fa el càlcul de l'energia que prové de la bateria de Vanadi, de la FV i de la xarxa elèctrica. Això serveix per una banda per dimensionar els equips necessaris de l'estació i per altra per conèixer la quantitat d'energia que s'ha de comprar. Així, posteriorment es podrà fer l'estudi econòmic a partir de les dades de compra i venda d'energia. Aquesta simulació energètica es realitza en el document annex *estudi\_energetic\_economic.xlsx*, concretament en la fulla *Estudi Energètic*.

Cal comentar que per construir aquest simulador s'ha considerat el següent ordre de prioritats:

1. L'energia provinent de la instal·lació fotovoltaica té la màxima preferència: sempre que hi hagi generació d'aquest tipus, els vehicles connectats se n'aprofitaran, i el que sobri s'emmagatzemarà a la bateria VRFB.
2. En segon lloc, si l'energia anterior no és suficient, se n'agafa de la xarxa elèctrica (per carregar tant els VE com la bateria de Vanadi).
3. Finalment, si hi ha algun vehicle connectat al sistema, i la suma de l'energia de la xarxa amb la fotovoltaica no són suficients, és el moment d'aprofitar l'energia prèviament guardada de la bateria de flux.

Per altra banda, per fer aquests balanços, també basats en fulles de càlcul, es consideren una sèrie de paràmetres que s'expliquen a continuació:

### 1. POTÈNCIA DISPONIBLE DE LA XARXA

Un dels objectius d'aquest treball comporta una limitació en la potència que es pot absorbir de la xarxa elèctrica (per això l'ús de grans bateries). Per això, segons l'empresa HAM, el punt de connexió més proper a la localització de la gasolinera, disposa de com a màxim 60 kW. És el valor que s'ha considerat en aquest treball.

### 2. PARÀMETRES DE LA BATERIA

Un altre punt important a tenir en compte, són les característiques del sistema de guardarà l'energia. Una d'elles és la potència Màxima que podrà entregar (i a la que es podrà carregar) ja que segons el tipus i el nombre de vehicles elèctrics connectats als punts de càrrega, la bateria haurà de donar més o menys potència. L'altre paràmetre és la capacitat, aquesta haurà de ser suficient per poder suplir l'energia demandada.

En aquest cas, s'agafen com a base els següents valors i posteriorment es construeix una taula de sensibilitats per estudiar la dependència de les prestacions del sistema amb les característiques de la bateria:

*Taula 13 Paràmetres energètics de la bateria de vanadi.*

Potència càrrega/descàrrega	Capacitat
590/500 kW	2000 kWh

### 3. DISTRIBUCIÓ HORÀRIA DE CONNEXIÓ AMB LA XARXA

L'últim factor que s'ha tingut en compte, és la possibilitat d'escollir en quines hores i dies de la setmana, el sistema és connectat a la xarxa, per tal de carregar la bateria. Això s'ha fet així degut a que es podria considerar l'ús de l'energia distribuïda en les hores valls, buscant l'estalvi econòmic propi del preu de l'energia en aquests moments. En un primer moment es decideix que el sistema sempre està connectat a la xarxa, i per tant sempre pot estar carregant la bateria de flux, o inclús els vehicles elèctrics que estiguin connectats al sistema.

Finalment, es veurà que no té sentit la desconexió amb la xarxa ja que amb les condicions establertes, el sistema aconsegueix aportar prop més d'un 90% de l'energia demandada. Per tant, per que el sistema sigui viable, ha d'estar contínuament absorbint energia de la xarxa.

## RESULTATS DE LA SIMULACIÓ

En aquest punt es mostren els resultats de les diferents simulacions realitzades tenint en compte els paràmetres i hipòtesis explicats. Per a fer-ho, s'han agrupat els escenaris de demanda de la manera que es mostra a la Taula 14. Com es pot veure, s'han obviat els escenaris que només disposaven d'un punt degut a la situació insostenible de cues que generarien.

D'aquesta manera, s'han obtingut unes gràfiques de columnes que serveixen per comparar les característiques energètiques de cada cas.

Com es pot observar a la Fig. 18 i a la Fig. 19, en els casos de baixa demanda (A, C i E), es pot aportar tota l'energia demandada, en canvi en els altres escenaris (B, D i F), hi ha una petita part (< 10%) que no s'aconsegueix suplir, degut a les pròpies limitacions de l'estació de càrrega dissenyada. A més, es veu que el fet d'afegir punts de càrrega, tot i augmentar la potència instantània demandada, no sembla que afecti molt negativament a la capacitat del sistema.

Per altra banda, es pot veure a la figura, un desglossament de l'origen de l'energia consumida entre la fotovoltaica i la xarxa pública. Com es pot veure, en tots els casos, la fotovoltaica és capaç d'aportar aproximadament el 25% de l'energia consumida, la resta és aportada per la xarxa pública. Tot això, s'ha fet considerant per una banda l'energia que va directament als punts de càrrega i per altra l'energia que és utilitzada per carregar la bateria de flux. A més, tenint en compte que segons la simulació amb PVSyst de l'emplaçament considerat, es generarien uns 173.000 kWh en un any, es pot afirmar que aquest sistema tindrà excedents, donat que hi haurà moments en que la bateria estarà completament carregada i es tindrà producció fotovoltaica que no es podrà emmagatzemar. Com menys demanda hi hagi, més grans seran aquests excedents (o energia fotovoltaica sobrant) ja que serà més probable una no utilització de l'energia prèviament guardada a la bateria.

Per altra banda, com ja s'ha comentat anteriorment, el fet de que inclús en els escenaris de demanda alta es pugui abastir més d'un 90% de la demanda, considerant que la xarxa està disponible el 100% del temps, fa inviable l'opció de connectar-se a aquesta en hores determinades per tal d'assolir una rendibilitat econòmica major (per exemple, en les hores vall de la nit, caps de setmana i festius).

Taula 14 Escenaris de demanda considerats per a la simulació de l'estació.

ESCENARI	Nº de punts	Demanda
A	2	Baixa
B	2	Alta
C	3	Baixa
D	3	Alta
E	4	Baixa
F	4	Alta

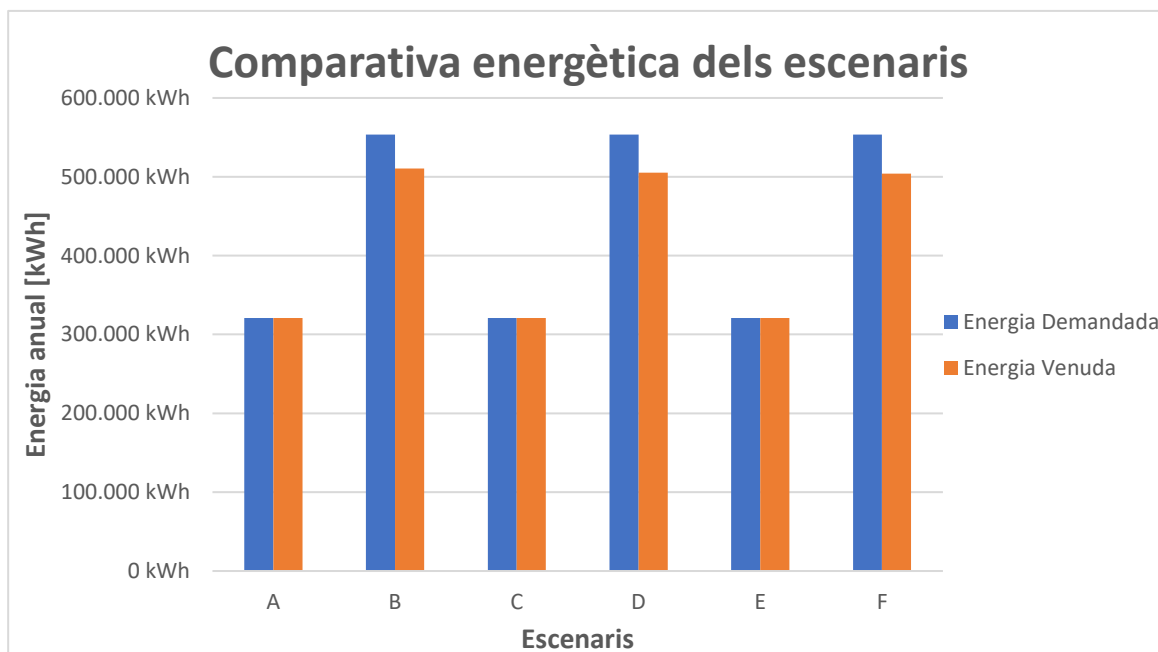


Fig. 18 Energia demandada i energia aportada pel sistema pels diferent escenaris.

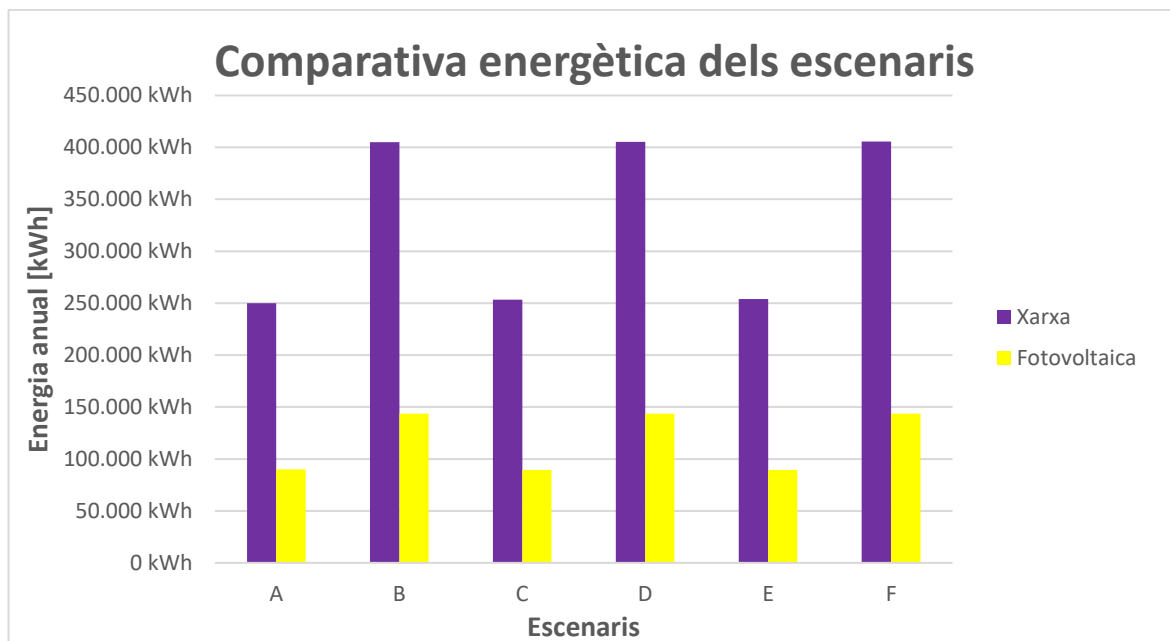


Fig. 19 Orígens de l'energia aportada pel sistema pels diferents escenaris.

Com a continuació, s'han ordenat les dades energètiques horàries de l'energia comprada, l'energia venuda, i l'energia no abastida, per tal de poder de construir unes corbes de monotonia que serveixen per analitzar la distribució temporal de cada una d'elles. Aquest tipus de corbes són molt útils a l'hora d'analitzar visualment els valors de funcionament de l'estació de càrrega, ja que permeten veure quantes hores d'un any funciona per sobre o per sota d'una determinada potència.

En primer lloc, s'analitza a la Fig. 20 l'energia provinent de la xarxa de distribució. Com es pot observar, les primeres gairebé 7.000 h (de 8.760 h que té un any) s'està connectat a la potència màxima de contractació (60 kW), i la resta d'hores no absorbeix energia. Això vol dir que la utilització d'aquesta xarxa és molt alta.

En segon lloc, a la Fig. 21 es compara l'energia que s'ha pogut vendre i l'energia que no. Aquesta última pot ser deguda, a que la bateria no estigui prou carregada, o bé perquè el sistema no pugui assolir la potència total que requereixen els vehicles elèctrics connectats. Com es pot veure, durant pràcticament la meitat del temps no hi ha demanda d'energia, l'altra meitat sí que es ven energia però d'una manera no uniforme: només durant les primeres 1.000 h es ven una potència major que 200 kW. Això valida, la hipòtesis de l'illa de potència, ja que el sistema es pot permetre connectar-se a màxima potència a la xarxa durant la major part del temps, i aconseguir suplir els pics de demanda que succeeixen en espais de temps més breus.

Finalment, la corba del consum no abastit representa la distribució de l'energia que el sistema no ha estat capaç de vendre. Observant la corba taronja de la figura, es veu que això durant unes 500 hores, i en intervals de menys de 100 hores la potència no abastida és superior als 200 kW.

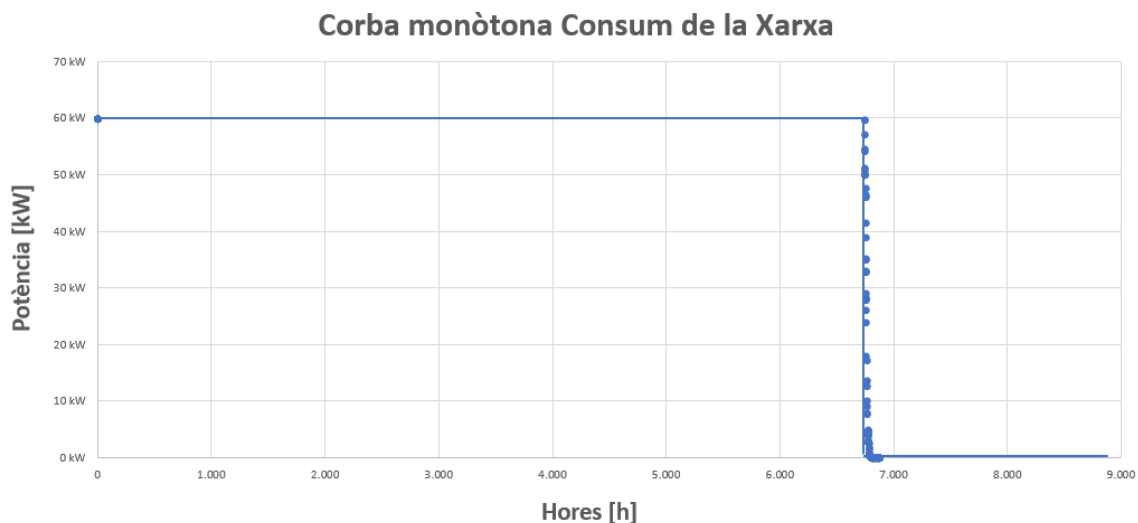


Fig. 20 Corba monòtona anual del consum provinent de la xarxa.

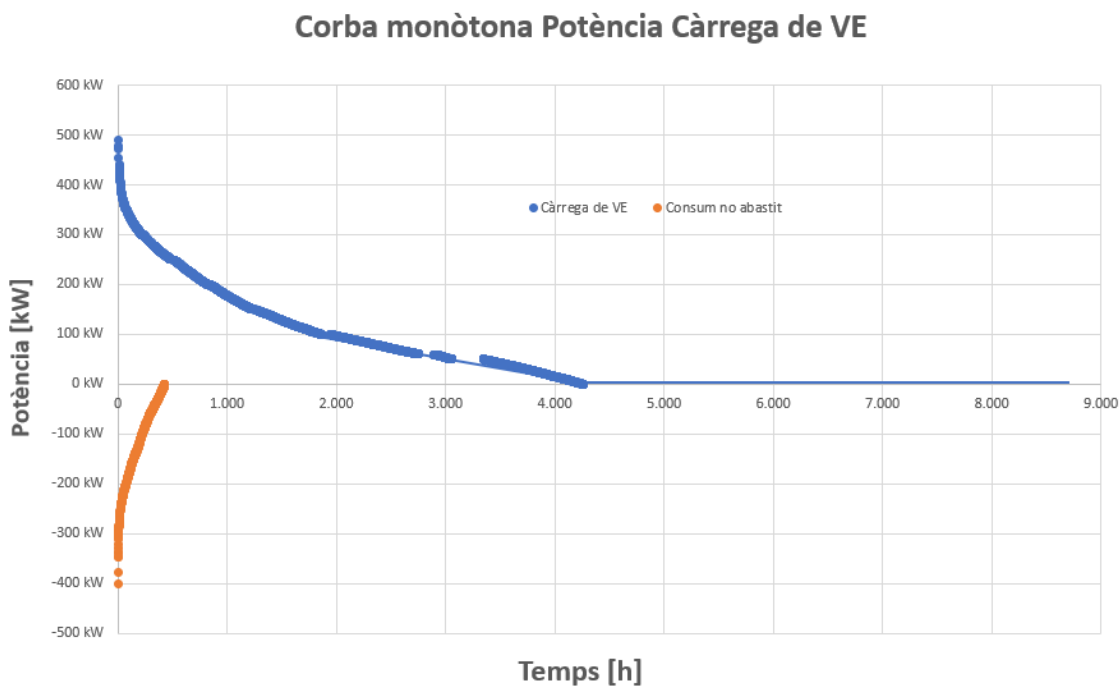


Fig. 21 Corbes monòtones anuals de l'energia subministrada i no subministrada.

## ANALISI DE SENSIBILITATS ENERGÈTIC

Per altra banda, els anteriors resultats s'han aconseguit a partir d'una configuració de bateria concreta (amb una potència de càrrega de 500 kW i una capacitat de 2.000 kWh). Per tal d'analitzar la implicació que tenen aquests paràmetres en els resultats s'han realitzat dues taules de sensibilitats per diferents valors d'aquests dos paràmetres: una taula per la proporció d'energia venuda respecta la demandada i l'altra pels excedents de FV (és a dir) l'energia solar que no s'ha pogut aprofitar.

A la Taula 15 i a la Taula 16 es mostren aquests anàlisis de sensibilitats i es conclou el següent:

- **La potència de la bateria no sembla influir gaire en els resultats, influeix més la capacitat.** Això és degut a que el factor limitant en quant a l'energia disponible és la **potència de la xarxa** que és de només 60 kW.
- Tot i augmentar la capacitat de la bateria, **a partir dels 2.500 kWh no s'aconsegueix abastir molta més demanda.** Això és degut a que per molt que s'incrementi la capacitat de la bateria, si aquesta no es pot carregar completament degut a les limitacions de la xarxa (de 60 kW), aquest augment no serveix de res.
- En quant a la FV, la potència de càrrega no limita pràcticament gens la quantitat d'energia FV aprofitada, ja que **la potència FV és considerablement menor que les potències de la bateria considerades.** Això vol dir, que es podria augmentar la potencia fotovoltaica, però degut a les limitacions espacials aquesta opció s'ha descartat.
- L'energia fotovoltaica **excedentària es produeix quan la bateria està completament carregada**, i aquesta energia no pot anar enlloc. D'aquesta manera, es veu una **disminució de d'aquests excedents quan s'incrementa la capacitat** de la bateria.

Tenint en compte aquests resultats, es decideix continuar amb la opció de la bateria inicialment considerada ja que les millores que s'aconseguirien augmentant la capacitat no serien prou importants en relació amb els costos que suposarien aquestes dimensionaments.

*Taula 15 Anàlisi de sensibilitats percentatge de demanda coberta (potència-capacitat VRFB).*

<b>SENSIBILITATS VENDA</b>	<b>200 kW</b>	<b>300 kW</b>	<b>400 kW</b>	<b>500 kW</b>	<b>600 kW</b>	<b>700 kW</b>	<b>800 kW</b>
<b>1.000 kWh</b>	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%
<b>1.500 kWh</b>	89%	89%	89%	89%	89%	89%	89%
<b>2.000 kWh</b>	90%	91%	91%	91%	91%	91%	91%
<b>2.500 kWh</b>	91%	92%	92%	92%	92%	92%	92%
<b>3.000 kWh</b>	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%
<b>3.500 kWh</b>	92%	93%	93%	93%	93%	93%	93%
<b>4.000 kWh</b>	92%	93%	93%	93%	93%	93%	93%

*Taula 16 Anàlisi de sensibilitats percentatge dels excedents de la FV (potència-capacitat VRFB).*

<b>SENSIBILITAT EXCEDENTS FV</b>	<b>200 kW</b>	<b>300 kW</b>	<b>400 kW</b>	<b>500 kW</b>	<b>600 kW</b>	<b>700 kW</b>	<b>800 kW</b>
<b>1.000 kWh</b>	23%	22%	22%	22%	22%	22%	22%
<b>1.500 kWh</b>	20%	19%	19%	19%	19%	19%	19%
<b>2.000 kWh</b>	18%	17%	17%	17%	17%	17%	17%
<b>2.500 kWh</b>	17%	16%	16%	16%	16%	16%	16%
<b>3.000 kWh</b>	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%
<b>3.500 kWh</b>	16%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
<b>4.000 kWh</b>	16%	15%	15%	15%	15%	15%	15%



### 4.3. DISSENY I DIMENSIONAMENT DE L'ILLA DE POTÈNCIA

Una vegada s'ha fet l'estimació de la demanda energètica que podria tenir la instal·lació de servei de càrrega de vehicles elèctrics, els diferents elements que componen l'estació poden ser calculats, dissenyats i escollits. Aquests equips es poden dividir en el sistema de bateries de flux, el sistema de càrrega de VE, la instal·lació de generació fotovoltaica i els elements de conversió d'energia.

#### 4.3.1. SISTEMA D'EMMAGATZEMATGE

Com ja s'ha comentat anteriorment, la potència consumida pels vehicles la donarà principalment la bateria de flux de Vanadi-Vanadi que s'anirà carregant amb energia provinent de la xarxa elèctrica i addicionalment de l'energia produïda per una planta fotovoltaica propera.

Com s'ha vist a l'apartat 4.2, a les taules de sensibilitats, s'ha pogut avaluar la relació entre les característiques de la bateria de flux i les prestacions de l'estació. Per això, tot i que es veu que a partir dels 300 kW de potència, ja no s'incrementa gairebé l'energia que es pot proveir, s'ha decidit utilitzar una de 250 kW nominals (500 kW de màxima) ja que tampoc té sentit disposar de carregadors que sumin més de 300 kW amb una bateria de 300 kW. Per altra banda, en quant a la capacitat, s'ha pogut veure que a partir dels 2000 kWh el sistema millora lleugerament, però tenint en compte els costos i dimensions elevades de l'increment d'aquesta capacitat s'ha optat per utilitzar dipòsits amb una capacitat de 2000 kWh.

Aquesta bateria, està formada per quatre contenidors estàndards ISO HC de 40 peus. Dintre dels contenidors hi ha els dipòsits que guarden els electròlits, les bombes, sistemes de control, sistemes de protecció i la membrana redox on s'hi produeix la reacció química que genera electricitat. Aquesta configuració permet que si el sistema requereix una ampliació, es poden afegir i apilar nous contenidors de forma ràpida i relativament poc costosa.

Per altra banda, segons el fabricant *HydraRedox* la relació entre el volum d'electròlit i la capacitat energètica és de 37 L per kWh (18,5 L per dipòsit). D'aquesta manera, el volum mínim dels dipòsits és de 74.000 L (74 m<sup>3</sup>).

Degut a que, els fabricants que han aportat les ofertes d'aquest tipus de bateries no han compartit els seus plànols, s'ha fet un disseny senzill amb el programa *Sketch Up 3D* que es pot veure a la Fig. 22.



Fig. 22 Il·lustració 3D de la bateria VRFB.

Per altra banda, cal destacar que aquestes bateries venen integrades amb un transformador aïllat i un inversor ca/cc correctament dimensionat per les potències i tensions de treball. Tant l'entrada com la sortida d'aquest element són a corrent alterna trifàsica a 400 V (50 Hz).

#### 4.3.2. SISTEMA DE GENERACIÓ FOTOVOLTAICA

De forma complementària i ja que es disposa de suficient espai amb condicions favorables d'irradiació, s'ha decidit fer l'estudi considerant la incorporació d'un petit camp de panells fotovoltaics que ajudaran al sistema amb energia auto-generada.

Aquest sistema estarà format per 210 mòduls de 565 Wp distribuïts en 10 *strings* de 21 mòduls, que donaran una potència total de 118,65 kWp. La seva configuració serà fixa sobre estructures metàl·liques amb una inclinació de 30° i orientades cap al Sud.

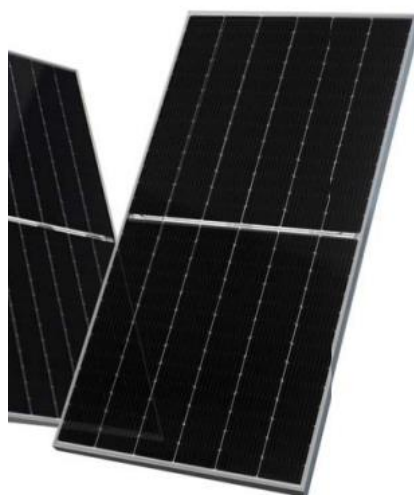
S'utilitza el *Sistema Muniellos* de la casa *Alusín Solar* com a element de fixació de les plaques en el terra.

La informació dels mòduls seleccionats es troben a la Taula 17 i a la Fig. 23. Per altra banda, es veu a la Fig. 24 una vista sobre com quedaria l'ocupació per part de la instal·lació fotovoltaica sobre el terreny.

*Taula 17 Característiques i prestacions dels mòduls fotovoltaics Jinko Solar JKM565M. Font: JINKO SOLAR*

Característica	Valor
Model	Jinko Solar JKM565M-7RL4-V
Potència MPP (STC)	119 kWp
Tensió MPP (50°C)	279 V
Corrent MPP (50°C)	388 A
Nombre de mòduls	210 u.
Superfície ocupada	574 m <sup>2</sup>
Configuració	Fixa: Inclinació 30°, Azimut 0°

S'aprofita el camp sense pavimentar que hi ha al sud de la gasolinera, propietat de la mateixa empresa (HAM). A més, entre cada fila de mòduls hi haurà una distància d'uns 3 metres per evitar possibles ombrejats causats per les mateixes plaques. Les plaques estaran disposades verticalment (el costat més llarg alineat amb l'eix Nord-Sud).



*Fig. 23 Mòdul FV Jinko Solar JKM565M. Font: JINKO SOLAR*



*Fig. 24 Implantació de mòduls fotovoltaics al terreny previst.*

Per altra banda, s'ha realitzat una simulació amb el programa *PVSyst 7.2* per tal d'obtenir les dades de generació fotovoltaica amb aquestes condicions. A més, aquestes dades són en format horari i s'han utilitzat per realitzar el balanç del sistema anual vist anteriorment.

De forma resumida, la simulació fotovoltaica amb aquest programa ha donat una generació d'uns 170 MWh i una potència màxima d'uns 108 kW<sup>5</sup>. L'informe d'aquesta simulació es troba en els annexes d'aquest document. Addicionalment, es podria estudiar la incorporació d'unes marquesines amb panells solars sobre les zones ocupades per la gasolinera, per tal d'augmentar encara més la generació fotovoltaica. Tot i així, en el present estudi no es té en compte aquesta ampliació.

---

<sup>5</sup> Amb condicions meteorològiques i d'irradiació de la base de dades *Meteonorm 8.0* per les coordenades de la gasolinera HAM de Riudellots de la Selva.

### 4.3.3. SISTEMA DE RECÀRREGA DE VEHICLES

Els elements que s'encarreguen de convertir l'energia provinent de la bateria de flux, de la fotovoltaica i de la xarxa en energia compatible amb la càrrega dels vehicles, són els punts de càrrega. Com ja s'ha comentat, l'objectiu d'aquesta illa de potència, és d'habilitar un punt de càrrega súper-ràpida, per això s'han estudiat diferents alternatives de punts de càrrega (de diferents proveïdors) per tal d'escollir la millor opció. Cal remarcar que aquests punts han de ser de càrrega en corrent contínua, és a dir, mode 4.

Els factors que s'han tingut en compte per fer aquesta selecció es troben a la Taula 18.

*Taula 18 Opcions de carregadors súper-ràpids considerats.*

EQUIP	FABRICANT	POTÈNCIA	COST	CONFIGURACIÓ
RAPTION 350PC	CIRCONTROL	350 kW	Alt	Entrada AC
RAPID ST400	INGETEAM	400 kW	Alt	Entrada DC
RAPID ST200	INGETEAM	200 kW	Mitjà	Entrada DC

Així, s'ha decidit utilitzar l'oferta de *Ingeteam* ja que és la que presenta una major potència màxima de càrrega. Per altra banda, s'ha valorat l'avantatge que podria tenir l'entrada de corrent contínua dels carregadors d'*Ingeteam*, ja que l'energia provinent de la FV i de la bateria de vanadi no hauria de ser invertida a corrent alterna i ser novament invertida pel carregador. Aquestes conversions tenen pèrdues associades als equips d'electrònica de potència, i interessa minimitzar aquestes. Per això, s'ha fet una estimació de les pèrdues pels dos casos<sup>6</sup> (Taula 19 i Taula 20).

La primera opció (Fig. 25), consisteix en utilitzar el producte d'*Ingeteam* connectat directament al sistema d'emmagatzematge, a través d'un convertidor DC/DC amb el camp fotovoltaic i amb un inversor rectificador amb la xarxa.

<sup>6</sup> Es consideren unes pèrdues per tots els equips de conversió d'energia elèctrica del 98%.

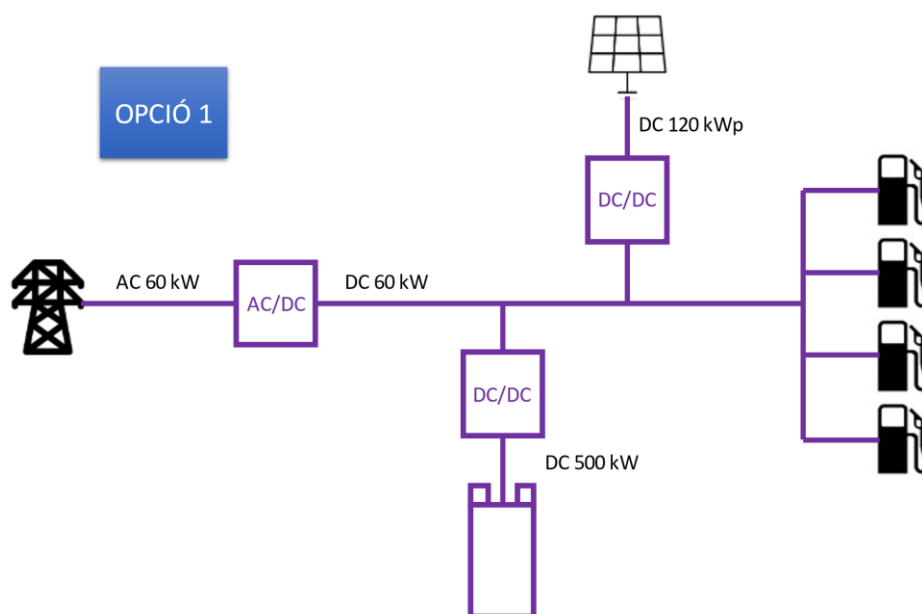


Fig. 25 Esquema elèctric de la opció 1. Entrada a carregadors a corrent contínua.

La segona opció (Fig. 26) és la d'utilitzar un altre carregador (o un carregador *Ingeteam* amb un inversor addicional) que només admet l'entrada a corrent alterna, i per tant la generació a corrent contínua (bateries i FV) s'ha de transformar a corrent alterna prèviament.

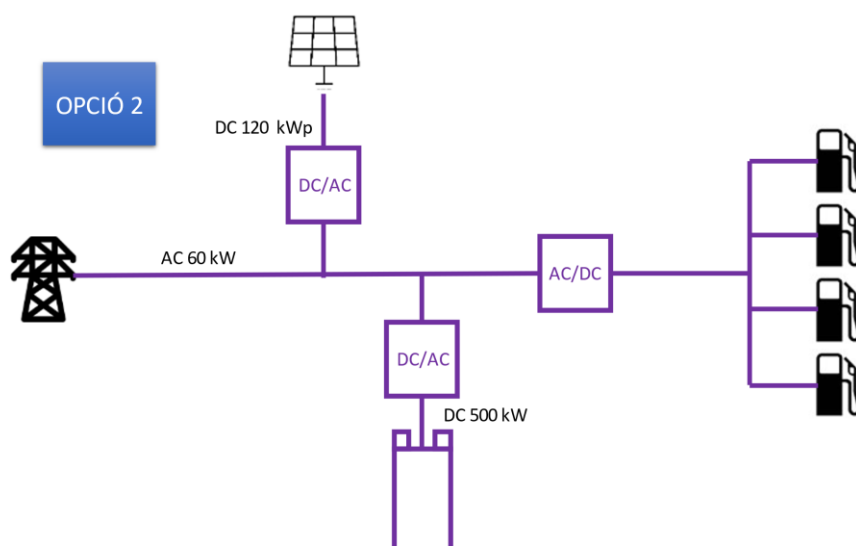


Fig. 26 Esquema elèctric de la opció 2. Entrada a carregadors a corrent alterna o a través d'un inversor centralitzat.

Cal comentar que els carregadors de les dues opcions incorporen un convertidor de corrent contínua per adaptar-se a la tensió de la bateria dels vehicles, i per simplificar no s'han tingut en compte les pèrdues d'aquest equip, ja que serien molt semblants en els dos casos. A les taules es poden veure les pèrdues totals i desglossades per les dues alternatives.

*Taula 19 Pèrdues totals estimades segons esquema.*

Energia Total	Pèrdues1	Pèrdues2
600.000 kWh <sup>7</sup>	23.880 kWh	26.820 kWh

*Taula 20 Pèrdues parcials estimades segons esquema.*

Origen → Destí	Energia	Quota	Pèrdues1	Pèrdues2
FV → Estacio	90.000 kWh	15%	1.800 kWh	3.564 kWh
Xarxa → Estacio	210.000 kWh	35%	4.200 kWh	4.200 kWh
Bateria → Estacio	300.000 kWh	50%	6.000 kWh	11.880 kWh
FV → Bateria	60.000 kWh	20%	2.376 kWh	2.376 kWh
Xarxa → Bateria	240.000 kWh	80%	9.504 kWh	4.800 kWh

D'aquesta manera, es pot veure que, segons els càlculs realitzats, la opció més energèticament eficient és la primera, tot i que no hi ha una gran diferència entre les dues alternatives.

---

<sup>7</sup> Valor arbitràriament elegit, basat en els valors de l'energia aportada, que s'han mostrat a l'apartat de *Simulació de l'illa de potència segons demanda*

Com a conseqüència, es decideix utilitzar els carregadors de *Ingeteam* de 200 kW (Fig. 27), ja que són suficients per alimentar els vehicles elèctrics de major potència i permeten l'entrada directament a corrent contínua o a través d'un inversor centralitzat que alimentarà tots els punts de càrrega.



*Fig. 27 Carregadors INGETEAM RAPID ST 200. Font: Ingeteam*

#### **4.3.4. ELEMENTS D'ELECTRÒNICA DE POTÈNCIA**

Al punt anterior s'ha fet l'elecció del model de punt de càrrega d'*Ingeteam Rapid ST200*. Per altra banda, s'ha vist que el fet de que tingui una entrada a corrent contínua no provoca un increment molt gran de l'eficiència en termes de conversió de potència. Per això, s'ha decidit incorporar aquests carregadors amb l'esquema de la opció 2 vist a l'anterior apartat, ja que els convertidors de corrent contínua no tenen tanta presència en el mercat, són més cars i tampoc tenen les potències que es necessiten per a aquesta aplicació (500 kW per la bateria). Per això la millor alternativa, és la de utilitzar inversors, més econòmics i amb una tecnologia més madura.



Així, es consideren tres elements d'electrònica de potència: un inversor de 120 kW pel camp fotovoltaic, un inversor bidireccional de 500 kW per la VRFB i finalment un inversor (o rectificador) central de 700 kW a l'entrada dels carregadors. Per altra banda no es tenen en compte els convertidors de corrent contínua necessaris per adaptar-se la tensió de les bateries dels vehicles (400V o 800 V) ja que ja venen integrats amb els punts de càrrega.

Pel que fa a l'inversor de la bateria, segons el *CellCube* aquest va integrat amb la solució oferta. Es tracta d'un inversor del fabricant BAT

S'ha fet una recerca de fabricants d'electrònica de potència s'ha decidit utilitzar inversors del mateix fabricant que els carregadors, és a dir, *Ingeteam*.

### **INVERSOR 120 kVA FOTOVOLTAICA**

En primer lloc es considera l'inversor que permet transformar i estabilitzar la corrent contínua generada per la planta fotovoltaica a la corrent alterna trifàsica a 400 V que prové de la xarxa.

El producte considerat és l'INGECON SUN 160TL (de 95 - 136 kWp) de la Fig. 28, ja que és compatible amb les potències, corrents i tensions manejades per la instal·lació solar fotovoltaica.



*Fig. 28 Inversor fotovoltaic  
INGECON SUN 160 TL. Font:  
Ingeteam*

## INVERSORS 700 KVA PUNTS DE CÀRREGA

En segon lloc, l'equip que s'encarrega de transformar l'electricitat que s'emmagatzema a la bateria o la que es descarrega de la mateixa, ha de ser un element bidireccional amb les característiques elèctriques que permetin el bon funcionament del sistema.



*Fig. 29 Inversor de l'entrada dels carregadors INGETEAM SUN STORAGE POWER SERIE B. Font: Ingeteam*

Per això, es decideix utilitzar l'inversor *INGETEAM SUN STORAGE POWER SERIE B*, concretament el *950TL B366* (Fig. 29).

A més, tenint en compte que la potència total que pot arribar al sistema de recàrrega de VE és d'uns 700 kW (considerant FV + xarxa + VRFB), es decideix que l'inversor connectat a l'entrada dels punts de càrrega serà el mateix que el considerat per a la bateria ja que és compatible també amb aquestes condicions elèctriques.

### 4.3.5. SISTEMA GLOBAL

En els subapartats anteriors, s'han avaluat i escollit els equips que conformen l'illa de potència per a càrrega ràpida de vehicles elèctrics, tenint en compte factors econòmics i tècnics. En aquest subapartat es mostra d'una forma il·lustrativa com quedaria el sistema amb la integració de tots els elements que el formen. Aquesta mostres s'han realitzat amb els programes *AutoCAD*, *Sketch Up 3D* i *Google Earth* (Fig. 30, Fig. 31 i Fig. 32).

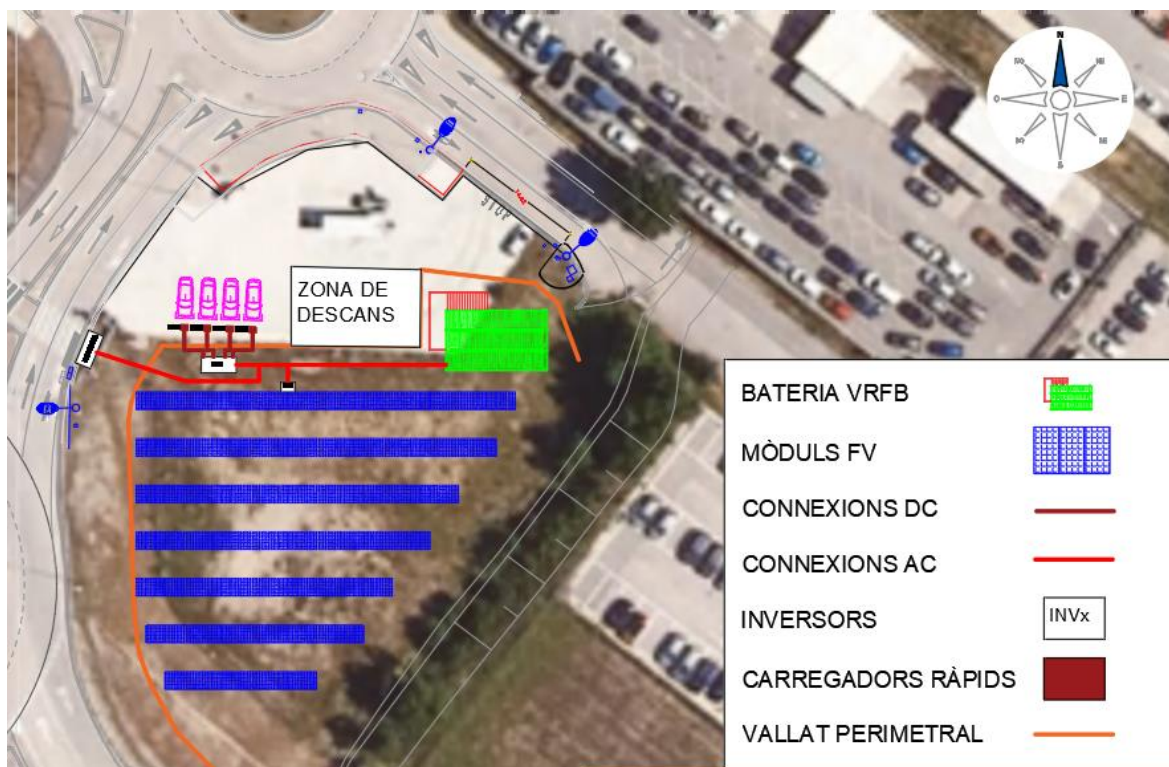
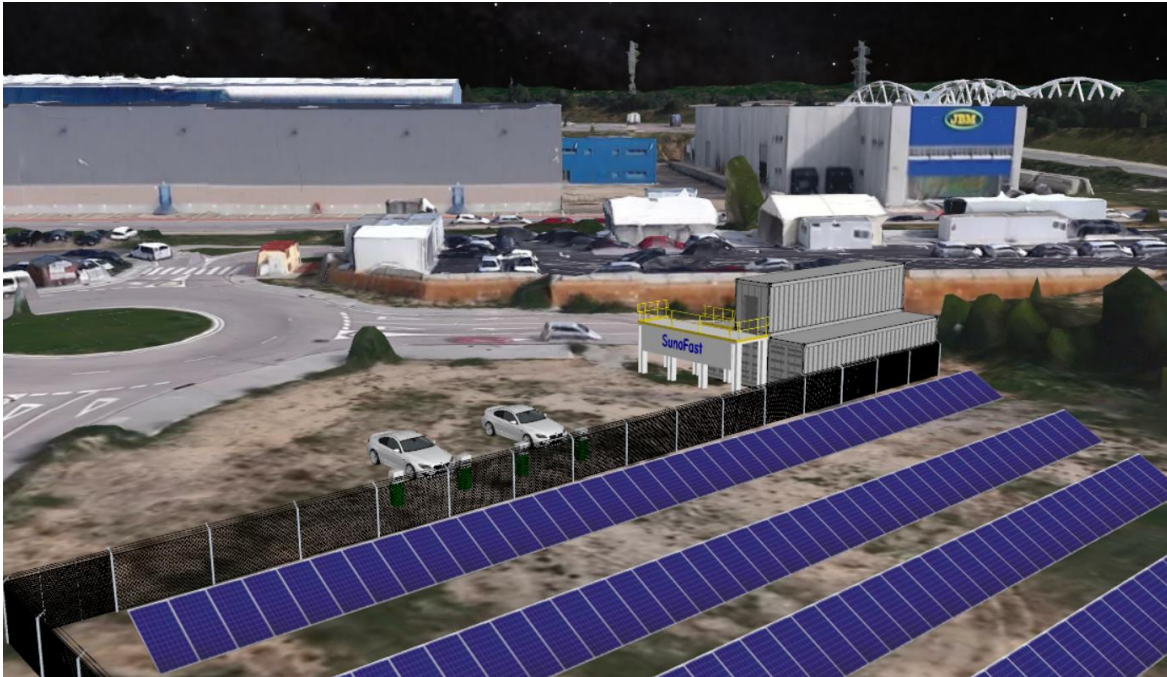


Fig. 30 Plànol d'implantació amb els principals elements de l'illa de potència per a càrrega de vehicles elèctrics.



Fig. 31 Representació 3D de l'estació de càrrega dissenyada<sup>8</sup> (I).

<sup>8</sup> Degut a la antiquitat de la imatge satèl·lit, aquesta no mostra la zona pavimentada de la gasolinera.



*Fig. 32 Representació 3D de l'estació de càrrega dissenyada (II).*

#### **4.4. ESTUDI ECONÒMIC PARTICULAR**

Una vegada s'ha fet un dimensionament i una selecció dels elements que conformen aquest potencial projecte, es pot fer l'avaluació econòmica d'aquest i obtenir les condicions per a la seva viabilitat econòmica.

En aquest capítol, es mostra el pressupost d'enginyeria generat a partir de les ofertes obtingudes durant la realització d'aquest treball i altres estimacions realitzades. També es mostra el cost associat a l'estudi realitzat. Posteriorment, s'ha realitzat un estudi econòmic per un horitzó de 30 anys considerant el pressupost, les dades energètiques calculades en els capítols anteriors i altres dades macroeconòmiques. L'estructura d'aquest estudi es pot consultar en la fulla *Estudi Econòmic* del document annex *estudi\_energetic\_economic.xlsx*.



#### 4.4.1. COST DE L'ESTUDI I PRESSUPOST D'ENGINYERIA

##### COST DE L'ESTUDI

El present treball ha requerit l'ús d'una sèrie d'eines i *software*, així com un consum d'electricitat i unes hores de treball per part d'un Enginyer Industrial.

Tots aquests elements estan quantificats i valorats econòmicament a la Taula 21. Així, el cost de la realització d'aquest estudi ascendeix a dotze mil cent seixanta-cinc euros.

Pel que fa al programari utilitzat, s'ha considerat el preu publicat als llocs web oficials d'aquests programes segons la versió utilitzada en aquest estudi. Els programes instal·lats i usats en algun moment durant l'execució d'aquest estudi han estat els següents: Paquet *Office* (*Word*, *Excel* i *PowerPoint*), *AutoCAD 2021*, *PVSyst 7.2* i *SketchUp 3D 2022*.

En quant a l'equip informàtic que ha permès la realització d'aquest treball, es tracta d'un ordinador portàtil HP 15s-fq4024ns valorat en uns 600 €. A més, s'ha considerat que aquest element té una potència elèctrica d'uns 200 W, que en les 300 h aproximadament que ha portat el treball, acaba consumint uns 75 kWh. Per valorar el consum elèctric, es considera un preu mitjà aproximat de l'any 2019 segons l'OMIE.

Per altra banda, s'ha considerat una amortització del 10% per els equips materials i el *software*.

Finalment, pel cost de personal, es considera que aquest estudi de viabilitat l'ha realitzat un Enginyer Industrial qualificat i competent que té un salari d'uns 30.000€ bruts anuals.

*Taula 21 Descompost del pressupost de l'estudi*

DESCRIPCIÓ	AMIDAMENT	AMORTITZACIONS	COST UNITARI	COST TOTAL
<b>Programari de càlculs, disseny i redacció</b>				
Paquet Office	1	10%	75 €	7,5 €
AutoCAD	1	10%	2.300 €	230 €
PVSyst 7.2	1	10%	600 €	60 €
SketchUp 3D 2022	1	10%	275 €	27,5 €
<b>Equips de computació</b>				
Equip Informàtic	1	10%	650 €	65 €
<b>Consums</b>				
Consum elèctric	75 kWh		40 €/MWh	3.000 €
<b>Cost de personal</b>				
Enginyer de projectes	300 h		15 €/h	4.500 €
Seguretat Social (30%)				1.350 €
<b>COST DE L'ESTUDI</b>				<b>9.240 €</b>

## PRESSUPOST D'ENGINYERIA

Per altra banda, s'ha fet un pressupost aproximat del projecte de l'estació de càrrega a la gasolinera HAM de Riudellots de la Selva. Aquest pressupost (Taula 22), serveix per tenir una idea i crear una referència sobre la dimensió econòmica d'aquest projecte. Posteriorment, s'utilitza el pressupost per realitzar l'estudi econòmic per tal d'analitzar les condicions de la seva viabilitat econòmica. El detall d'aquest pressupost es troba als documents annexes.

*Taula 22 Resum del pressupost del projecte*

<b>01</b>	<b>OBRA CIVIL</b>		<b>21.115,00 €</b>
	01.01	DESBROÇ, NETEJA I PREPARACIÓ DEL TERRENY	14.800,00 €
	01.02	BARRERES I TANCAMENTS	3.900,00 €
	01.03	CIMENTACIONS I CONSTRUCCIONS	540,00 €
	01.04	CONSTRUCCIÓ DE RASES	1.875,00 €
<b>02</b>	<b>INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA</b>		<b>1.041.850,00 €</b>
	02.01	MODUL JINKO 565 WP	49.350,00 €
	02.02	ESTRUCTURES FIXES FOTOVOLÀICA	7.500,00 €
		BATERIA REDOX DE FLUX VANADI-VANADI	
	02.03	FB500-2000	800.000,00 €
		PUNT DE CÀRREGA RÀPIDA. INGETEAM RÀPID	
	02.04	ST	140.000,00 €
	02.05	INVERSOR 120 kVA AC-DC	5.000,00 €
	02.06	INVERSOR 700 kVA AC-DC	15.000,00 €
		SISTEMES DE PROTECCIÓ I QUADRES	
	02.07	ELÈCTRICS	12.000,00 €
	02.08	CABLEJAT	12.000,00 €
	02.09	SISTEMA DE CONTROL I MONITORITZACIÓ	1.000,00 €
<b>03</b>	<b>CÁNONS, TRANSPORT I LEGATITZACIÓ</b>		<b>7.000,00 €</b>
	03.01	CÁNONS DE GESTIÓ DE RESIDUS	5.000,00 €
	03.02	LEGALITZACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ	2.000,00 €
<b>04</b>	<b>SEGURETAT I SALUT</b>		<b>1.000,00 €</b>
		<b>PRESSUPOST D'EXECUCIÓ MATERIAL</b>	<b>1.070.965,00 €</b>
		Costos generals (17%)	182.064,05 €
		Benefici Industrial (6%)	64.257,90 €
		<b>PRESSUPOST DE LICITACIÓ</b>	<b>1.317.286,95 €</b>
		IVA (21%)	276.630,26 €
		<b>PRESSUPOST DE LICITACIÓ AMB IVA</b>	<b>1.593.917,21 €</b>

D'aquesta manera, el pressupost és d'una quantitat d'UN MILIÓ CINQ-CENTS NORANTA-TRES MIL NOU-CENTS DISSET COMA VINT-I-UN euros.

#### 4.4.2. ESTUDI ECONÒMIC

Una vegada s'han dimensionat els equips que conformen el sistema de recàrrega ràpida de vehicles elèctrics i s'ha generat un pressupost preliminar d'aquesta instal·lació, s'ha procedit a la realització d'un estudi econòmic segons les condicions següents:

- Es considera l'escenari d'alta demanda.
- La instal·lació està formada pels equips (per tipus i per nombre) considerat en el pressupost de l'apartat anterior: 4 punts de càrrega, una bateria FB-500-2000 entre d'altres elements.

Així per fer aquest estudi econòmic, s'han tingut en compte els següents valors:

##### 1. Cost del Projecte (CAPEX)

És el pressupost vist anteriorment, que suma els diferents sistemes així els costos d'enginyeria i mà d'obra associats a la instal·lació dels elements. El seu valor és de 1.593.917,21 €.

##### 2. COSTOS OPERACIONALS (OPEX, Taula 23)

Aquests costos estan associats a les tasques de manteniment, seguiment i altres pagaments que s'han de realitzar a cada període.

Per altra banda, dins aquest grup de costos també es tenen en compte els costos associats a la compra d'energia que es realitza a través de la xarxa de distribució amb un contracte amb una comercialitzadora.

En aquest cas, la gasolinera de l'empresa HAM disposa actualment d'un contracte a través del mercat regulat. Així es considera que aquesta situació no canvia i per tant es tindrà en compte la tarifa regulada pertinent amb els preus del *pool* elèctric que s'expliquen al punt de les dades macroeconòmiques.

La factura elèctrica està dividida en diferents termes que depenen del tipus de contracte que es té i del període facturat.

En el cas de l'estudi, degut a que es té una potència superior a 15 kW i una tensió inferior a 1 kV es farà un contracte amb la tarifa 3.0 TD. Aquest tipus de tarifa disposa de 6 períodes diferenciats que depenen de l'hora, del dia de la setmana (i si és festiu o no) i del mes de l'any.

La factura elèctrica es divideix en els següents components: peatges de potència i energia, càrrecs de peatge i energia, terme d'energia i en el cas que implica aquest treball també s'hi apliquen uns peatges i uns càrrecs específics per instal·lacions de càrrega de vehicles elèctrics (3.0 TDVE pels peatges i 2VE pels càrrecs per connectar-se en baixa tensió).

Així els valors que s'han de tenir en compte per calcular els costos d'electricitat del sistema dissenyat, són els de la Taula 24 [24], [25].

Així la fórmula per a calcular la tarifa elèctrica és la següent:

$$\begin{aligned} \text{Tarifa} = & \sum_{p=1}^6 \text{Pot}_p \cdot (PP_p + CP_p + PPVE_p + CPVE_p) + \sum_{p=1}^6 E_p \cdot (PE_p + CE_p + PEVE_p \\ & + CEVE_p) + \sum_{h=1}^{8670} E_h \cdot Pool_h \end{aligned}$$

Finalment, damunt aquest càlcul s'hi aplica l'impost global d'electricitat que l'any 2019 es trobava en el 5,113 % i l'impost de valor afegit (IVA) que es trobava en el 21%.

### 3. DADES MACROECONÒMIQUES (Taula 25)

Són variables que depenen de la situació socioeconòmica i afecten als balanços del projecte. Els paràmetres considerats han estat la inflació general i la del sector elèctric (IPC i IPCe), la degradació de les cel·les fotovoltaïques i la del sistema de bateries.

L'IPC s'aplica sobre els costos no elèctrics i la venda d'energia a través dels punts de càrrega incrementant els seus valors un 1% cada any.

L'IPC elèctric, en canvi, s'aplica sobre el cost obtingut a partir de la tarifa elèctrica i les dades energètiques de compra d'energia de la instal·lació.

Les degradacions s'apliquen negativament sobre l'energia consumida de la FV i de la bateria i es considera que la xarxa (degut a les seves limitacions) no pot suplir aquesta disminució. Per tant, el que es fa és disminuir l'energia venuda.

Per altra banda, el preu de l'electricitat (Fig. 33) es pot considerar una dada macroeconòmica més. En aquest cas, no s'ha utilitzat un sol valor sinó que s'han tingut en compte el preu del *pool*/horari de l'any 2019. Això ha permès creuar aquestes dades amb les corbes energètiques obtingudes en apartats anteriors per conèixer el cost de l'electricitat en cada moment d'un any sencer. De forma resumida, l'any 2019 va presentar un preu horari màxim de l'energia de 76,7 €/MWh i un preu mitjà de 48 €/MWh.



Cal destacar, que s'han utilitzat les dades del *pool* de l'any 2019, per evitar les inestabilitats dels preus causades per la pandèmia de Covid-19 i conflictes geopolítics com la guerra d'Ucraïna que han alterat de forma considerable els valors normals d'aquests.

De totes formes, la transformació del sistema energètic que s'està portant a terme per assolir els acords de París, segurament també tindrà un impacte en aquests preus. Igualment, en el present treball no es tenen aquestes variables i s'ha decidit simular un escenari de certa estabilitat socioeconòmica, com podria ser el 2019.

*Taula 23 Relació dels costos d'explotació i operació*

<b>COSTOS OPERACIONALS (OPEX)</b>		
<b>Manteniment preventiu</b>	6.500 €/any	0,6% s/ CAPEX
<b>Manteniment correctiu</b>	10.500 €/any	1,0% s/ CAPEX
<b>Assegurança tot risc i lucre</b>	5.000 €/any	.
<b>Seguiment tècnic</b>	2.000 €/any	

*Taula 24 Relació de peatges i càrrecs vigents (Juny 2022) Font: BOE*

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<b>Peatge Potència (PP) (€/kW)</b>	10,49392	9,152492	3,688512	2,802739	1,122833	1,122833
<b>Peatge Energia (PE) (€/kWh)</b>	0,017752	0,014567	0,007955	0,005361	0,000321	0,000321
<b>Càrrecs Potència (CP) (€/kW)</b>	6,176299	3,090846	2,245571	2,245571	2,245571	1,029383
<b>Càrrecs Energia (CE) (€/kWh)</b>	0,040678	0,030119	0,016271	0,008136	0,005215	0,003254
<b>Peatge Potència VE (PPVE) (€/kW)</b>	2,600765	2,266264	0,915906	0,696758	0,274140	0,274140
<b>Peatge Energia VE (PEVE) (€/kWh)</b>	0,073799	0,060601	0,033191	0,022367	0,001295	0,001295
<b>Càrrecs Potència VE (CPVE) (€/kW)</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Càrrecs Energia VE (CEVE) (€/kWh)</b>	0,086454	0,064013	0,034581	0,017292	0,011084	0,006916

Taula 25 Relació de valors macroeconòmics considerats.

DADES MACROECONÒMIQUES	
IPC	1,0% anual
IPC elèctric	1,0% anual
Degradació de cel·la fotovoltaica	2,0% 1er any, 0,5% anual
Degradació del sistema d'emmagatzematge	1,0% anual

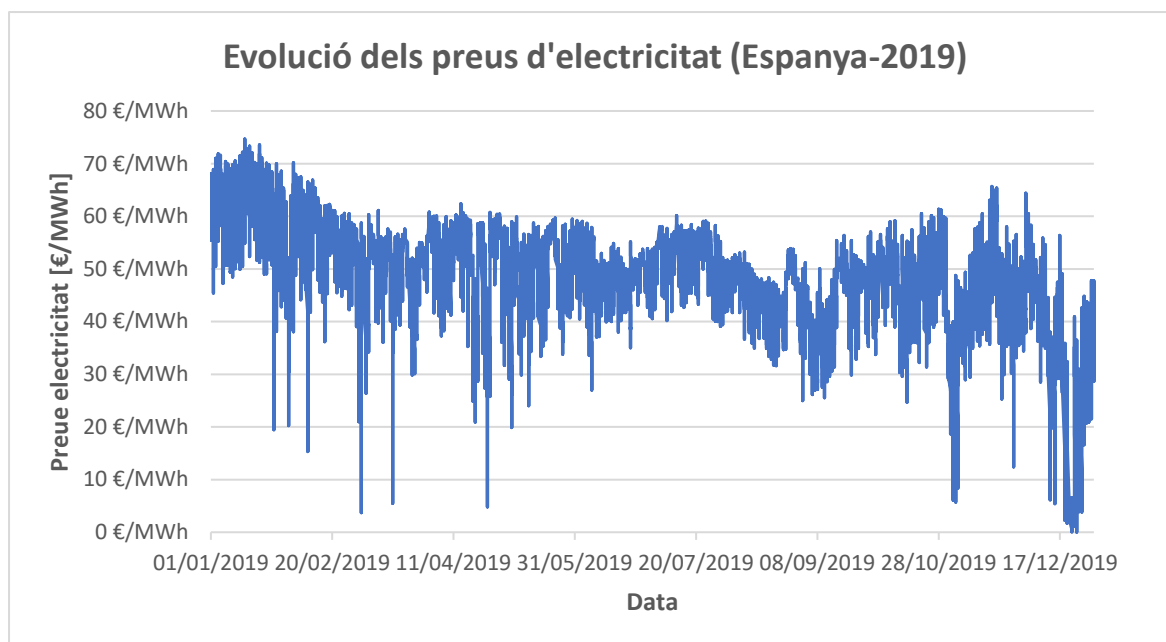


Fig. 33 Evolució del preu per kWh horaris en el mercat regulat (Espanya, 2019).

Font: OMIE

#### 4. INGRESSOS

Els ingressos de l'estació de càrrega tindran el seu origen en l'energia venuda als usuaris per carregar els seus vehicles elèctrics.

**Per establir un preu de venda s'ha optat per equiparar aquest amb el preu dels carburants per als vehicles de combustió interna.** Es considera un vehicle de gasolina, que té un consum mitjà d'uns 6 L de gasolina cada 100 km, a més, s'estableix el preu de la gasolina 95 mitjà de l'any 2019 d'uns 1,3 €/Litre [26]. Per altra banda, es considera un vehicle elèctric que presenta un consum mitjà de 15 kWh per cada 100 km [27].

$$\text{Preu Venda} = \frac{6 \text{ L}}{100 \text{ km}} \cdot \frac{1,3\text{€}}{\text{L}} \cdot \frac{100 \text{ km}}{15 \text{ kWh}} = 0,52 \text{ €/kWh}$$

Això vol dir que per que un usuari d'un vehicle elèctric pagui un preu equiparable al d'un usuari de gasolina 95, el preu de l'electricitat haurà de rondar els

En el present treball no es tenen en compte ni ofertes ni descomptes ni qualsevol tipus de bonificació que es podria aplicar per tal de fidelitzar clients. Es considera que el preu de venda és fixe per tot l'any i s'hi aplica un 1% d'inflació general anualment.

### ORÍGENS DE FONTS

Es divideixen els fons necessaris per realitzar la inversió per portar a terme aquest projecte segons el seu origen:

- Fons Propis: serà la part de la inversió aportada pels propis promotors del projecte. En aquest cas es considera que un 30% de la inversió prové d'aquest origen.
- Crèdit: finançament d'origens externs en forma de deute. Representa el 70% restant.
- Subsidis i altres: en aquest treball no es consideren altres formes d'inversions externes.

### **PROCEDIMENT**

Per cada any es realitza el següent procediment per fer l'anàlisi econòmic del present treball:

1. Marge Brut. Es resten els costos d'operació totals dels ingressos totals:

$$Marge\ Brut = Ingressos - OPEX$$

2. Benefici abans d'impostos i interessos (BAII). D'aquest marge brut s'extreu l'amortització de la inversió que es realitza per 25 anys vista.

$$BAII = Marge\ Brut - Amortització\ (25\ anys)$$

3. Benefici abans d'impostos (BAI). Es resten al resultat anterior els interessos generats per les possibles inversions de capital extern.

$$BAI = BAII - Interessos$$

4. Benefici net. S'extreu del BAI l'impost de Societats que és del 25%. Això sempre que el BAI sigui positiu, si és negatiu no s'aplica. A més, es té en compte els resultats negatius dels anys anteriors, és a dir, s'agafa el mínim entre l'acumulat i el valor actual, una vegada l'acumulat supera el valor actual, simplement es té en compte aquest.

$$\text{Benefici Net} = \text{BAI} - \text{BAI} \cdot \text{Impost Societats}(25\%)$$

5. Fluxos de Caixa. Es tenen en compte dos fluxos de caixa en funció de l'origen dels fons.

Pel que fa al finançament extern o flux de caixa finançat, s'aplica la següent fórmula:

$$CF_F = \text{Benefici Net} + \text{Amortització} - \text{Deute}$$

Pel que fa al capital propi, o flux de caixa de projecte, s'utilitza la següent fórmula:

$$CF_P = \text{Marge Brut} - (\text{BAI} \cdot \text{Impost Societats}(25\%))$$

Una vegada s'obtenen tots aquests valors per cada any (en un horitzó de 30 anys) es poden calcular una sèrie d'indicadors que permeten analitzar la rendibilitat econòmica del projecte:

1. Valor Actual Net (VAN).

$$VAN = -I_0 + \sum_{T=0}^{30} \frac{F_T}{(1+k)^T}$$

On  $F_T$  són els fluxos de caixa de cada període  $T$ .  $k$  és la taxa de descompte.  $I_0$  és la inversió necessària inicial.

Si el VAN és positiu, el projecte generarà beneficis. Si el VAN és negatiu, el projecte generarà pèrdues.

2. Taxa Interna de Retorn (TIR). Representa la rendibilitat d'una inversió en forma del percentatge de beneficis o pèrdues. Es calcula a partir d'igualar el VAN a 0 i obtenir el valor de la  $k$  per aquestes condicions.

Si la TIR és més gran que el tipus de descompte, el projecte serà rentable, i si és menor no ho serà.

3. *PayBack*. Representa el temps necessari per tal de recuperar la inversió realitzada inicialment.

## RESULTATS

L'estudi econòmic es realitza en un horitzó de 30 anys ja que segons els fabricants de bateries és el cicle de vida dels seus sistemes d'emmagatzematge. Per altra banda, es considera també que cada 10 anys l'electròlit s'ha de substituir i per tant s'ha de fer una reinversió. Els resultats dels principals indicadors calculats es troben a la Taula 26.

Com es pot observar, el VAN és positiu i el TIR és més gran que la taxa de descompte considerada d'un 1%. Per tant, es pot afirmar que el projecte dissenyat és econòmicament viable sota les condicions establertes de demanda i preus de compra i de venda.

*Taula 26 Resultats dels indicadors de l'estudi econòmic.*

	<b>SOBRE EL CAPITAL INVERTIT</b>	<b>SOBRE TOTA LA INVERSIÓ DEL PROJECTE</b>
<b>VAN</b>	527.458 €	1.490.024 €
<b>TIR</b>	3,2 %	6,1 %
<b>PAYBACK</b>	9 anys	15,5 anys

#### 4.4.3. ANÀLISI DE SENSIBILITATS

Per acabar, es realitza un anàlisi de sensibilitats per conèixer les implicacions que tindrien variar alguns dels paràmetres considerats. S'analitzen els escenaris de la A a la F comentats anteriorment en front el preu de venda de l'energia. L'indicador analitzat és el TIR.

Aquests valors es poden consultar a la Taula 27, d'on es pot extreure que tant per l'escenari de baixa demanda com el d'alta demanda són rendibles sempre i quan els preus establerts de venda d'energia siguin superiors a 0,50€/kWh.

*Taula 27 Anàlisi de sensibilitats de la Taxa Interna de Retorn (preu de venda-escenari de demanda).*

TIR PROJECTE	0,4 €/kWh	0,5 €/kWh	0,6 €/kWh	0,7 €/kWh	0,8 €/kWh
<b>A</b>	-4,46%	1,66%	5,62%	9,34%	13,11%
<b>B</b>	3,54%	9,94%	16,36%	23,11%	30,11%
<b>C</b>	-5,01%	1,36%	5,44%	9,19%	12,97%
<b>D</b>	2,83%	9,34%	15,75%	22,45%	29,39%
<b>E</b>	-5,13%	1,29%	5,40%	9,15%	12,94%
<b>F</b>	2,61%	9,16%	15,57%	22,26%	29,19%

## 5. IMPACTE SOCIOAMBIENTAL

Aquest projecte s'emmarca dintre les línies d'actuació contra el canvi climàtic i transició energètica que els governs i institucions estan realitzant.

Es pot classificar l'impacte ambiental d'aquest projecte en dues parts. La primera és l'impacte ocasionat pel propi estudi del present treball. La segona és l'estimació de l'impacte que tindria la construcció i l'execució del projecte considerat.

### IMPACTE DE L'ESTUDI

La realització d'aquest treball ha implicat la utilització d'energia elèctrica per alimentar l'ordinador emprat. Aquest equip ha consumit uns 75 kWh en el transcurs d'aquest treball. Segons l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic, el factor d'emissió de la generació elèctrica l'any 2019 va ser de 241 gCO<sub>2</sub>/kWh [28].

D'aquesta manera, s'estima que les emissions generades per a la realització del present estudi de viabilitat han estat de 18,08 kg de CO<sub>2</sub>.

### IMPACTE DEL PROJECTE

L'execució del projecte dimensionat en apartats anteriors generaria una sèrie d'emissions i residus ocasionats per l'activitat dels treballs necessaris per dur a terme l'obra. De totes maneres, s'ha decidit que l'abast d'aquest treball no inclou la quantificació d'aquests residus i emissions.

Per altra banda, i pel que fa a l'impacte paisatgístic, l'estació de càrrega estaria en un recinte industrial proper a una autopista i a l'aeroport de Girona. Això implica que l'impacte visual respecte als paisatges naturals seria mínim. Per altra banda, la parcel·la ocupada no té cap tipus d'interès o protecció agrària, ecològica o paisatgística.

## 6. CONCLUSIONS

En el present treball s'ha pogut fer un disseny preliminar d'un **sistema de recàrrega ràpida de vehicles elèctrics basat en el concepte d'illa de potència**. S'ha pogut comprovar que amb **tecnologies comercials** disponibles avui es pot fer un **correcte dimensionament** dels equips energètics (com les bateries, mòduls fotovoltaics...) i es pot proporcionar una **potència elèctrica bastant superior** que la que hi ha **disponible de la xarxa** de distribució elèctrica.

Cal destacar també, que **les tecnologies que s'han considerat per l'estudi d'aquest cas existeixen avui en dia al mercat**, i hi ha un cert nombre de fabricants que ofereixen diferents solucions. Això vol dir, que el sistema es podria implementar sense la necessitat de desenvolupar cap tecnologia o equip addicional. **És una realitat factible i no un simple exercici teòric.**

Això obre un camp de possibilitats i aplicacions **a més de la càrrega de vehicles** elèctrics, en llocs **on la potència de la xarxa està considerablement limitada**. A més, també té sentit des del punt de vista **d'estalvi econòmic** en quant al terme de potència de la factura elèctrica, ja que el sistema pot disminuir la potència de la xarxa necessària.

Per altra banda, s'han observat les corbes monòtones de l'ús de la xarxa, i del consum per part dels vehicles elèctrics així com de la demanda no abastida. Es pot concloure que per les condicions establertes, durant la major part del temps, **el sistema està absorbint energia de la xarxa a la seva màxima potència**. Aquest fet permet carregar la bateria de flux per tal de poder cobrir la major part de la demanda, que és consumida en un espai més breu de temps (degut a la potència més elevada de la demanda). A més, cal comentar, que hi ha una part d'aquestes necessitats energètiques dels usuaris que no arriba a ser proporcionada, a causa principalment de la limitació de la potència de la xarxa, però també degut a les dimensions de l'equip d'emmagatzematge.

Econòmicament, **s'ha calculat i demostrat** amb la realització d'un estudi econòmic i el càlcul de paràmetres com el VAN i el TIR, que les condicions establertes **permeten que el sistema sigui viable econòmicament**. De totes formes, degut a que les dades d'utilització han hagut de ser estimades i és impossible conèixer quina serà la situació futura del sector, aquestes condicions podrien variar. Tot i així, s'han realitzat dos escenaris de demanda (un optimista i un pessimista) per veure el nivell d'afectació que té la utilització de l'estació.



D'aquesta manera, **el sistema queda molt condicionat a l'evolució dels diferents paràmetres i característiques de cara al futur**. Els costos de les bateries de Vanadi, el preu de l'electricitat, les característiques de les bateries dels vehicles elèctrics (potència de càrrega i capacitat), el mercat futur d'aquests automòbils, els hàbits dels propis usuaris de VE entre molts d'altres, són factors que poden anar variant amb el transcurs dels anys i per tant condicionen la viabilitat i la necessitat de sistemes com el que s'ha dissenyat en aquest treball.

Pel que fa als balanços ambientals, s'ha vist que l'estudi no té més impacte que les emissions generades pel consum elèctric de l'ordinador utilitzat. Per altra banda, en quant al **sistema considerat, s'emmarca dintre el marc d'actuació de la transició energètica** ja que considera un **augment de la presència de vehicles elèctrics** i aposta per una solució basada en **sistemes de bateries i energia fotovoltaica**. A més, es considera que l'impacte paisatgístic seria mínim ja que el sistema s'integraria en una zona industrial propera a l'aeroport de Girona, que no té cap tipus d'interès natural, agrícola o ecològic. De totes formes, i tot i que no s'han quantificat en aquest estudi, la construcció d'aquesta estació de càrrega de VE **generaria una sèrie de residus i emissions propis d'aquest tipus d'obres** que s'haurien de tenir en compte.

Finalment, es comenten algunes línies futures que podrien donar continuació en aquest treball. En aquest treball, s'ha construït un **sistema de càlcul per simular per diferents condicions i paràmetres la viabilitat** d'aquest tipus d'instal·lacions. Les simulacions realitzades han permès comprovar **la viabilitat del cas concret de la gasolinera de Riudellots de la Selva**. D'aquesta manera, es podria aprofitar aquest simulador, per tal d'estudiar el sistema **en altres gasolineres o punts d'interès** i analitzar les seves condicions de viabilitat. D'igual manera, es podria fer una recerca o investigació sobre altres aplicacions que podria tenir el concepte d'illa de potència, **a més a més de la càrrega ràpida de vehicles elèctrics**, com per exemple la seva instal·lació en **punts on la potència de la xarxa no pot abastir la potència necessària**. Finalment, aquest simulador s'ha implementat mitjançant fulles de càlcul, i s'ha detectat que **a partir d'un cert volum de dades perd eficiència** i necessita molt més temps de càlcul. Així, **crear una versió del simulador més potent i ràpida** amb algun llenguatge de programació seria molt interessant ja que permetria incrementar l'agilitat a l'hora d'analitzar diferents casos.

## AGRAÏMENTS

*A n'en Salvador, per fer-me de guia i ensenyar-me tant, amb tanta paciència i amb tanta eficàcia.*

*A la família, que sempre hi ha estat, per ajudar-me, per alegrar-me i per donar-me motius per seguir endavant.*

*A tots els amics i companys que ja hi éreu, i a tots els que heu aparegut fa més poc, gràcies per les rialles i les experiències viscudes.*

*Finalment, a la persona que s'ha convertit en casa meua, que es fa dir Lluna, però que desprèn més energia que el Sol.*

## BIBLIOGRAFIA

- [1] T. D. E. L. Gobierno, “La Energía en España”.
- [2] MITECO, “Emisiones de gases de efecto invernadero. Serie 1990-2019. Informe resumen,” *Inventar. Nac. Emisiones a la Atmósfera*, p. 7, 2021.
- [3] MITECO, “Estrategia De Descarbonizacion a Largo Plazo 2050,” *Miteco*, p. 73, 2020, [Online]. Available: [https://www.miteco.gob.es/es/prensa/documentoelp\\_tcm30-516109.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/prensa/documentoelp_tcm30-516109.pdf)
- [4] E. y T. Ministerio de Industria and Gobierno de España, “RD 1053/2014. Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-52,” *Boe*, pp. 1–36, 2014.
- [5] I. Técnicas and P. Su, “Propuesta de Orden Ministerial por la que se establece el listado de instalaciones de suministro de combustibles y carburantes obligadas a instalar infraestructuras de recarga eléctrica así como excepciones e imposibilidades técnicas para su cumplimiento,” pp. 1–8, 2021.
- [6] “PASSOS ADMINISTRATIUS PER A LA INSTAL·LACIÓ D’UNA ESTACIÓ DE RECÀRREGA PER A VEHICLES ELÈCTRICS A CATALUNYA Juliol 2020,” 2020.
- [7] DOGC, “DECRET LLEI 16/2019, de 26 de novembre, de mesures urgents per a l'emergència climàtica i l'impuls a les energies renovables.,” pp. 1–21, 2019, [Online]. Available: <https://www.gencat.cat/dogc>
- [8] DOGC, “DECRET LLEI 308/1996, de 2 de setembre, pel qual s'estableix el procediment admiinstratiu per a l'autorització de les instal·lacions de producció d'energia en règim especial. [Online]. Available: <https://www.gencat.cat/dogc>
- [9] M. D. E. L. A. Presid, “Disposicions generals,” pp. 1095–1102, 1999.
- [10] España Ministerio de Ciencia y Tecnología and Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado (España), *Reglamento electrotécnico para baja tensión e ITC*. 2019.
- [11] “BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado.” <https://boe.es/> (accessed Jun. 26, 2022).
- [12] La, “ESTRATEGIA DE ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO MARCO ESTRATÉGICO DE ENERGÍA Y CLIMA ESTRATEGIA DE ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO.”
- [13] “BU-106: Advantages of Primary Batteries - Battery University.” <https://batteryuniversity.com/article/bu-106-advantages-of-primary-batteries> (accessed Jun. 26, 2022).
- [14] “BU-107: Comparison Table of Secondary Batteries - Battery University.” <https://batteryuniversity.com/article/bu-107-comparison-table-of-secondary-batteries> (accessed Jun. 26, 2022).

- [15] “BU-204: How do Lithium Batteries Work? - Battery University.” <https://batteryuniversity.com/article/bu-204-how-do-lithium-batteries-work> (accessed Jun. 26, 2022).
- [16] “BU-210b: How does the Flow Battery Work? - Battery University.” <https://batteryuniversity.com/article/bu-210b-how-does-the-flow-battery-work> (accessed Jun. 26, 2022).
- [17] “Alternative Fuels Data Center: How Do Hybrid Electric Cars Work?” <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work> (accessed Jun. 26, 2022).
- [18] “Alternative Fuels Data Center: Plug-In Hybrid Electric Vehicles.” [https://afdc.energy.gov/vehicles/electric\\_basics\\_phev.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_phev.html) (accessed Jun. 26, 2022).
- [19] “Alternative Fuels Data Center: All-Electric Vehicles.” [https://afdc.energy.gov/vehicles/electric\\_basics\\_ev.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_ev.html) (accessed Jun. 26, 2022).
- [20] “Alternative Fuels Data Center: Fuel Cell Electric Vehicles.” [https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel\\_cell.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel_cell.html) (accessed Jun. 26, 2022).
- [21] J. Ignacio, T. Y. Nro, and D. Dni, “Informe 2019,” 2019.
- [22] K. Sigman, “Notes on Little ’ s Law (  $I = \lambda w$  ),” pp. 1–5, 2009.
- [23] M. Hlynka, L. M. Hurajt, and M. Cylwa, “Basic Queueing Theory M / M / - / - Type Queues Kendall ’ s Notation for Queues A / B / C / D / E,” *Time*, vol. X, no. X, pp. 1–11, 2002.
- [24] CNMC, “Resolución peajes electricidad 2022,” *Boletín Of. del Estado*, pp. 26798–26800, 2021, [Online]. Available: [https://www.boe.es/eli/es/res/2021/12/16/\(5\)](https://www.boe.es/eli/es/res/2021/12/16/(5))
- [25] Boletín Oficial del Estado, “Orden TED/1484/2021, de 28 de diciembre, por la que se establecen los precios de los cargos del sistema eléctrico de aplicación a partir del 1 de enero de 2022 y se establecen diversos costes regulados del sistema eléctrico para el ejercicio 2022,” pp. 166969–166977, 2021, [Online]. Available: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-21794](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-21794)
- [26] “Precios de los derivados del petróleo: España.” <https://datosmacro.expansion.com/energia/precios-gasolina-diesel-calefaccion/espana?anio=2019>
- [27] “La eficiencia energética del vehículo eléctrico.” <https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/4-2-la-eficiencia-energetica-del-vehiculo-electrico/>
- [28] “Factor de emisión de la energía eléctrica: el mix eléctrico”, [Online]. Available: [https://canviclimatic.gencat.cat/es/actua/factors\\_demissio\\_associats\\_a\\_lenergia/](https://canviclimatic.gencat.cat/es/actua/factors_demissio_associats_a_lenergia/)
- [29] S. S. Mardaras, *Diccionari de la transició energètica Energia de la A a la Z*. 2022.