

Treball de Fi de Màster

Màster Universitari en Enginyeria Industrial

Disseny i optimització d'una electrolinera alimentada amb energia solar fotovoltaica

MEMÒRIA

Autor: Arnau Puigdemunt Areñas
Director: Arnau Altimiras Pujadas
Ponent: Oriol Gomis Bellmunt
Convocatòria: Juny 2021



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

Aquest projecte anomenat “Disseny i optimització d'una electrolinera alimentada amb energia solar fotovoltaica”, neix de la necessitat de potenciar l'ús del cotxe elèctric i les energies renovables per contribuir a la disminució d'emissió de CO₂ a l'atmosfera i reduir la contaminació.

Per aconseguir-ho, sorgeix la idea de dissenyar una electrolinera, que consisteix en una estació de servei per a vehicles elèctrics, on el temps de càrrega sigui raonable i el cost de la recàrrega sigui sensiblement inferior que el cost d'omplir el dipòsit d'un vehicle de combustió.

Aquesta idea té un principal inconvenient: el consum d'energia prové de la xarxa elèctrica i aquesta electricitat no és d'origen renovable en un alt percentatge. Per aquest motiu, es decideix complementar l'electrolinera amb una instal·lació solar fotovoltaica.

Amb l'objectiu de que el projecte s'adapti a diferents emplaçaments i característiques, es decideix que el nucli del treball consisteix en elaborar una eina d'optimització que, a partir de les dades de demanda de vehicles de l'electrolinera i les dades de circulació de vehicles del seu emplaçament, l'eina calcula el nombre òptim de punts de càrrega a instal·lar, la potència a contractar i les dimensions de la instal·lació fotovoltaica òptimes.

Seguidament, s'utilitza l'eina d'optimització en un emplaçament seleccionat i, a partir dels resultats obtinguts, s'explica les característiques de les instal·lacions que es requereixen si es vol portar a terme aquest projecte, fent especial èmfasis en les característiques de la instal·lació elèctrica, i s'avalua la viabilitat econòmica del mateix.

Finalment, mitjançant l'elaboració d'aquest projecte, s'observa que l'eina d'optimització creada ha aportat resultats lògics i que l'execució del projecte amb els resultats obtinguts és viable tècnicament i econòmicament.

Sumari

SUMARI	5
1. INTRODUCCIÓ	7
1.1. Objectius del projecte	7
1.2. Abast del projecte	8
2. ANTECEDENTS	9
3. ESTUDI DE MERCAT	12
3.1. El vehicle elèctric i els punts de recàrrega	12
3.2. L'energia solar fotovoltaica	14
4. NORMATIVA APLICABLE	16
5. EMPLAÇAMENT	18
6. ANÀLISI D'ALTERNATIVES	20
6.1. Recàrrega de vehicles elèctrics	20
6.2. Instal·lació solar fotovoltaica	24
7. HIPÒTESIS DE FUNCIONAMENT	29
7.1. Funcionament de l'electrolinera	29
7.2. Funcionament de la instal·lació solar fotovoltaica	32
8. ESTIMACIÓ I ANÀLISI DE LA DEMANDA DE VEHICLES	34
9. DIMENSIONAMENT I OPTIMITZACIÓ DE L'ELECTROLINERA	38
10. DIMENSIONAMENT I OPTIMITZACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA	42
11. DESCRIPCIÓ DE LES INSTAL·LACIONS	46
11.1. Camp fotovoltaic	47
11.2. Inversors solars	48
11.3. Sistema de monitorització	49
11.4. Estructura dels mòduls fotovoltaics	50
11.5. Carregadors de vehicle elèctric	52
11.6. Mòdul de proteccions TMF-10	54
11.7. Quadre general de proteccions	55
11.8. Altres quadres elèctrics	57
11.9. Xarxa de distribució de corrent alterna	58

11.10.	Presa de terra.....	59
11.11.	Obra civil.....	61
12.	VIABILITAT ECONÒMICA	62
12.1.	Estimació de costos	62
12.2.	Estimació d'ingressos	63
12.3.	Rendibilitat de la inversió	65
13.	CRONOGRAMA	69
CONCLUSIONS		71
AGRAÏMENTS		73
BIBLIOGRAFIA		74

1. Introducció

El sector del transport és, actualment, el major responsable del creixement de les emissions de CO₂ que, a la vegada, són una de les principals causes del canvi climàtic. Aquest sector també es veu amenaçat pels potencials escenaris d'escassetat de combustibles fòssils.

A més, amb el mateix objectiu de reduir les emissions de CO₂, s'està potenciant l'ús de fonts d'energia renovable per a la producció d'electricitat. De fet, a l'any 2020 a Espanya un 44% de l'energia produïda provenia de fonts renovables, un valor superior al dels anys anteriors.

La societat cada cop està més conscienciada sobre la necessitat de reduir aquestes emissions i l'ús dels combustibles fòssils, potenciant una mobilitat sostenible a través de l'ús del vehicle elèctric i una producció d'energia a través de fonts renovables.

Per aquests motius, es decideix optimitzar i dissenyar una electrolinera alimentada amb energia solar fotovoltaica, ja que d'aquesta manera es realitza un projecte que potencia l'ús del vehicle elèctric i, a més, contribueix a la producció d'energia renovable a través de la instal·lació solar fotovoltaica.

1.1. Objectius del projecte

Primer de tot, es considera primordial potenciar l'ús del cotxe elèctric per reduir les emissions de CO₂ a l'atmosfera i avançar cap a un sistema de mobilitat més sostenible. El projecte vol potenciar-ne el seu ús posant al servei dels usuaris una estació de càrrega ràpida, eficaç i econòmica.

Pel que fa als objectius específics del projecte, per una banda, es vol crear un mètode d'optimització que permeti calcular el nombre de punts de càrrega necessaris i la potència a contractar a partir de la demanda de vehicles de l'electrolinera i les dades de circulació de vehicles d'una ubicació.

Per altra banda, un altre dels objectius del projecte consisteix en realitzar un disseny de l'estació de càrrega a partir dels resultats obtinguts en l'eina d'optimització en una ubicació concreta.

Convé tenir en compte que no només s'ha de preveure la demanda del present any, sinó que el vehicle elèctric és un mercat en auge i l'estació de recàrrega ha d'estar preparada per cobrir la demanda dels propers deu anys, és a dir, aproximadament fins a l'any 2030.

Encara que la pròpia electrolinera ja potencia la reducció de les emissions de CO₂, es decideix complementar-la amb una instal·lació solar fotovoltaica per tal de que l'estació sigui més sostenible.

Per aquest motiu, es decideix que un dels objectius és que la pròpia eina d'optimització també calculi les dimensions òptimes de la instal·lació solar fotovoltaica que acompanya l'electrolinera. D'aquesta manera, s'aconsegueix que el dimensionament dels dos tipus d'instal·lacions sigui òptim segons la demanda de vehicles d'una ubicació escollida.

Finalment, es vol mencionar que el dimensionament i l'optimització d'ambdós instal·lacions estan vinculades a les hipòtesis de funcionament que es decideixin en el present projecte, tenint en compte que les diferents hipòtesis utilitzades estan justificades de forma quantitativa i objectiva.

1.2. Abast del projecte

Primer de tot, es vol mencionar que el projecte consisteix en l'optimització i disseny d'una estació de càrrega i d'una instal·lació solar fotovoltaica, però es requereix d'un desenvolupament posterior per a portar a terme la seva execució.

El projecte inclou les tasques d'optimització i disseny de les instal·lacions, és a dir, des del plantejament de la idea fins al dimensionament de l'electrolinera i la instal·lació solar fotovoltaica que compleixin els objectius proposats, incloent un estudi econòmic de la viabilitat d'execució del projecte conjunt de les dos instal·lacions

Convé destacar que l'abast del projecte es centra en la instal·lació elèctrica necessària, per aquest motiu es realitza una descripció dels diferents elements que en formen part i es mencionen les seves característiques. A més, es decideix incorporar als annexes les fitxes tècniques dels elements més rellevants i una sèrie d'esquemes elèctrics unifilars de les instal·lacions per tal de definir-les de forma completa.

Per últim, es vol mencionar que es considera que la instal·lació elèctrica es connecta a la xarxa elèctrica de baixa tensió, és a dir, una de les hipòtesis utilitzada és que la companyia distribuïdora pot oferir el subministrament elèctric de l'electrolinera en baixa tensió.

2. Antecedents

Degut al creixement de l'ús del vehicle elèctric, en els propers anys serà necessari disposar d'estacions de recàrrega properes a les principals carreteres del país, però actualment aquestes instal·lacions són poc comunes. Per això, és prioritari que es desenvolupin projectes similars al que es vol portar a terme en aquest treball.

Es considera necessari analitzar els projectes existents, tant a nivell estatal com a nivell europeu, per valorar-ne els seus punts forts i saber-ne les principals característiques. D'aquesta manera es pot executar un projecte partint d'una base sòlida i oferir els canvis que es considerin oportuns.

Pel que fa a l'estat espanyol, es vol destacar l'empresa *Etecnic Energy & Mobility*, que al 2019 va llançar el projecte *Ecolinera.com*, una xarxa d'estacions de servei equipades amb punts de recàrrega per a vehicles elèctrics distribuïda per tot Espanya.

El projecte *Ecolinera.com* es presenta com una marca sota el suport d'una plataforma que dona cobertura als empresaris d'estacions de servei que apostin per la instal·lació de noves estacions de recàrrega i vulguin gestionar-los de forma senzilla i centralitzada. També es tracta d'un punt de trobada pels usuaris del vehicle elèctric que vulguin gaudir de la millor experiència de càrrega del seu vehicle amb l'última tecnologia del mercat. [1]

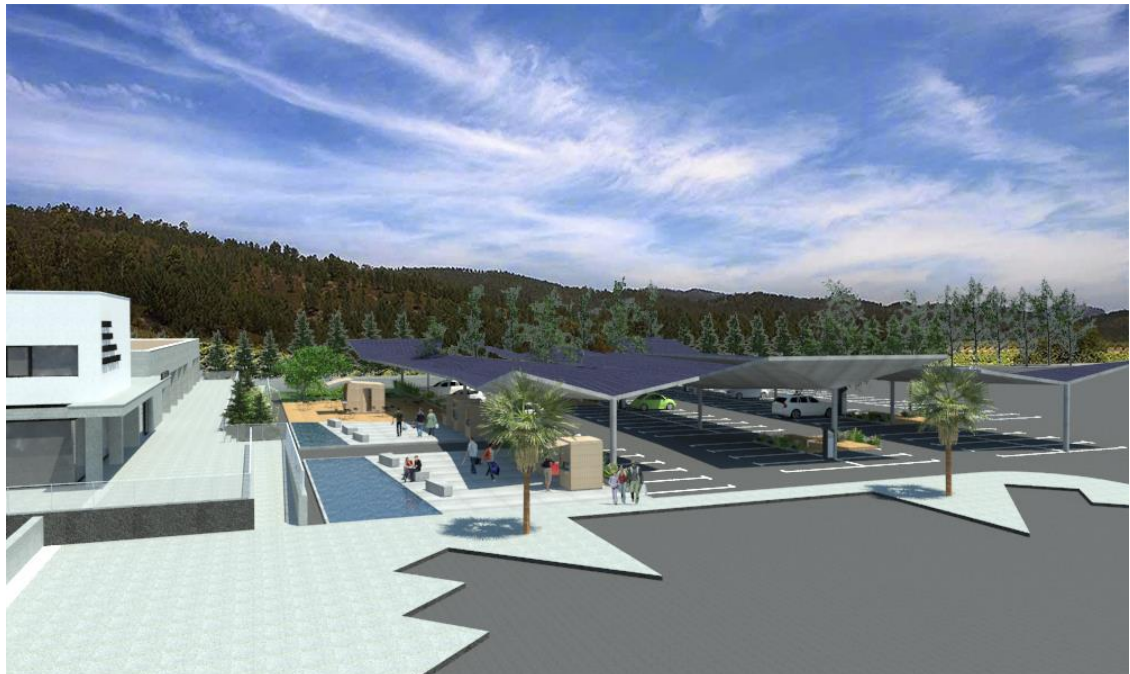


Figura 2.1: Proposta de disseny d'una estació de recàrrega de Ecolinera.com [2]

L'objectiu principal de *Etecnic Energy & Mobility* amb aquest projecte és proposar un nou concepte de punt de recàrrega. Volen crear un espai atractiu per tots els usuaris del vehicle elèctric que representi una zona de descans on entretenir-se amb la família. En definitiva, és un redisseny del concepte estació de servei actual.

A més, els punts de recàrrega de vehicle elèctric funcionen amb energia sostenible gràcies a la instal·lació d'autoconsum d'energia renovable. D'aquesta manera, s'aconsegueix resoldre la problemàtica d'escassetat de punts de recàrrega entre localitats, potenciant zones rurals i l'ús d'energies renovables. [2]

També es vol destacar un projecte similar a nivell espanyol com és l'empresa *Ecostation.es*, que ofereix instal·lar estacions de recàrrega ràpides i ultra ràpides per a vehicles elèctrics a estacions i àrees de serveis ja existents, amb l'objectiu que els usuaris aprofitin la recàrrega del vehicle elèctric per gaudir de les instal·lacions existents de l'àrea o estació de servei. [3]

Per altra banda, es vol destacar que a finals de l'any passat, es va inaugurar al Regne Unit la primera estació de servei dedicada únicament a vehicles elèctrics. L'empresa *Gridserve* ha executat la primera *Electric Forecourt*, una instal·lació que disposa de 36 punts de càrrega ultra ràpida, que poden subministrar fins a 350 kW de potència, alimentats exclusivament amb energies renovables, aconseguint una mobilitat 100% zero emissions.

Aquesta instal·lació és la primera que s'executa d'un total de 100 estacions de servei que ha projectat *Gridserve* distribuïdes per tot el Regne Unit. La previsió de l'empresa és executar-ne la totalitat en els propers cinc anys gràcies a una inversió de gairebé 1.100 milions d'euros. [4]

A nivell de funcionament, les principals característiques de *Electric Forecourt* són tres: primer, es vol destacar l'ús del 100% d'energies renovables a través de l'energia fotovoltaica generada a les pèrgoles dels carregadors, juntament amb una xarxa de parcs fotovoltaics.

En segon lloc, les instal·lacions disposen d'una bateria de 6 MWh que ajuda a equilibrar la xarxa elèctrica local, subministrar l'energia necessària en tot moment en cada punt de càrrega i a vendre l'energia en les hores on el seu preu és més elevat per tal de mantenir uns preus baixos per a la recàrrega dels vehicles elèctrics.

En tercer lloc, es vol destacar que els punts de càrrega instal·lats permeten la recàrrega del vehicle fins al 80% de capacitat en menys de 10 minuts i hi haurà zones dedicades tant a vehicles particulars, com a flotes de taxis, autobusos i vehicles pesants. [5]

A nivell de serveis, les instal·lacions disposen de àrees d'aparcament, cafeteria, supermercat i sales amb *Wifi* d'alta velocitat que, a més, servirà com a zona d'experimentació i promoció de diferents solucions de mobilitat elèctrica.



Figura 2.2: Primera *Electric Forecourt* instal·lada a la localitat de Braintree, al Regne Unit [4]

Pel que fa a les futures ubicacions, l'empresa *Gridserve* ja disposa de 80 espais on ubicar les seves *Electric Forecourt* en rutes transitades, a prop de ciutats de diferents dimensions i centres de transport, com aeroports, ports i estacions de tren.

A part, la construcció de la totalitat d'estacions de recàrrega implica que la companyia construeixi nous parcs fotovoltaics adjacents a cada *Electric Forecourt*, sempre que la ubicació ho permeti, amb l'objectiu de subministrar energia verda i barata a la pròpia instal·lació.

En els casos on no és possible disposar d'una instal·lació fotovoltaica a la pròpia estació, *Gridserve* també està construint varis parcs fotovoltaics, recolzats amb bateries, que permetran subministrar l'energia verda necessària a l'estació de càrrega des d'una ubicació llunyana a través de la xarxa elèctrica. [6]

3. Estudi de mercat

3.1. El vehicle elèctric i els punts de recàrrega

Actualment, cada cop més gent decideix apostar per les noves tecnologies invertint en un vehicle elèctric o híbrid. Concretament, l'any 2017 es va experimentar un augment d'un 94% de vendes d'aquests vehicles respecte l'any anterior i, tal com es mostra a la *Figura 3.1*, el nombre de cotxes elèctrics matriculats a nivell mundial creix amb un ritme exponencial. [7]

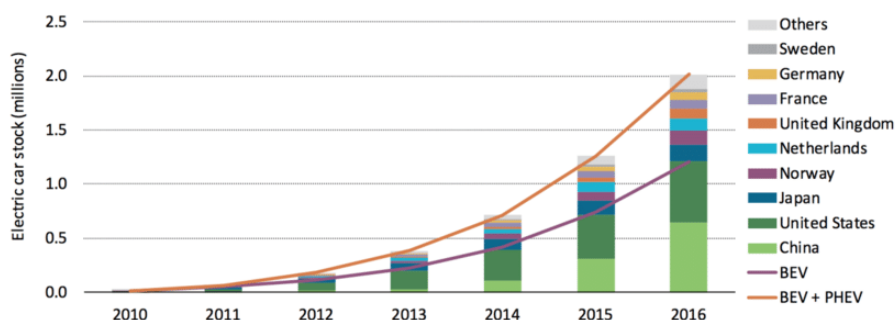


Figura 3.1: Evolució de l'estoc de vehicles elèctrics a nivell mundial 2010-2016 [7]

A més a més, la previsió és que aquest creixement mantingui una tendència similar. A l'any 2015 les vendes de vehicles elèctrics van representar un 5% del volum total de vendes de vehicles a nivell mundial, però s'espera que per l'any 2040 aquest valor augmenti fins al 35%, tal com es pot veure a la *Figura 3.2*. [8]

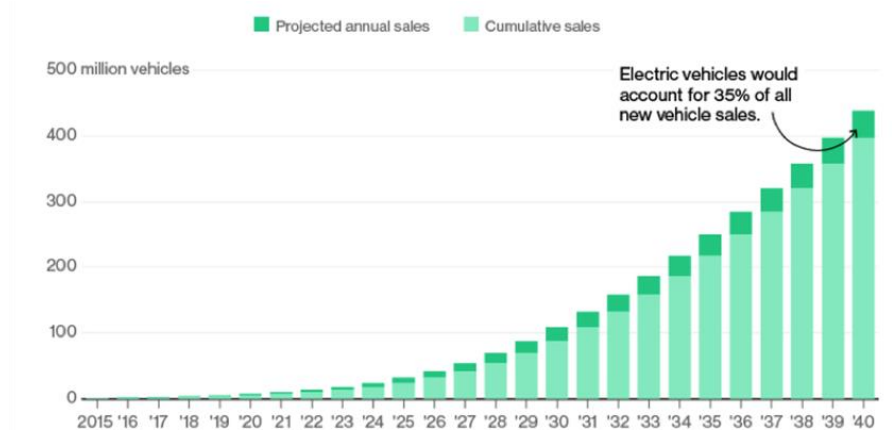


Figura 3.2: Previsió de vendes de vehicle elèctric a nivell mundial 2015-2040 [8]

Els motius principals que recolzen aquesta previsió es centren en què el cost de les bateries disminuirà i la seva autonomia augmentarà, provocant que el vehicle elèctric tingui un cost similar al dels vehicles dièsel i de gasolina.

A nivell Europeu, les vendes de vehicles elèctrics segueixen una tendència similar, en part gràcies als països nòrdics, on el vehicle elèctric representa una part important del parc automobilístic.

Si s'analitzen les dades de l'estat espanyol, es pot observar que a l'any 2019 la quota del vehicle elèctric representa un 1,39% del parc automobilístic, és a dir, uns 410.000 vehicles [9]. Tot i això, les previsions de creixement, en percentatges, són similars a la resta d'Europa. De fet, a la *Figura 3.3* es pot observar la tendència creixent els darrers anys a Espanya.

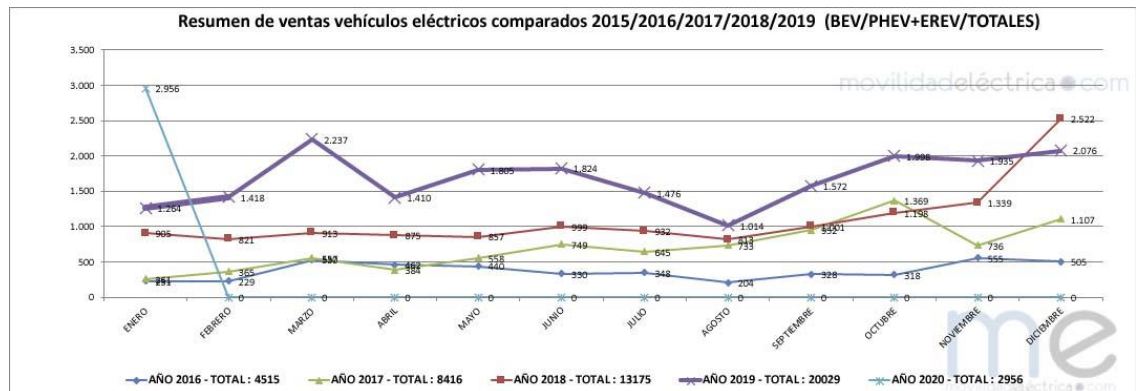


Figura 3.3: Evolució de les vendes de vehicles elèctrics a Espanya 2016-2020 [10]

Pel que fa als punts de recàrrega de vehicles elèctrics, també s'està produint un creixement de forma exponencial en aquest sector però el seu ritme de creixement no està a l'altura de les vendes dels propis vehicles elèctrics, fet que pot suposar un obstacle per aquestes vendes en els propers anys.

En termes europeus, un estudi de l'Associació Europea de Fabricants d'Automòbils (ACEA), xifra en 2,8 milions el nombre de punts de recàrrega necessaris per a l'any 2030, un fet que suposaria multiplicar per 15 els actuals instal·lats en tota la Unió Europea. Pel que fa a l'estat espanyol, es necessiten un mínim de 110.000 punts de recàrrega públics per l'any 2025, mentre que actualment n'hi ha instal·lats 5.000. [11]

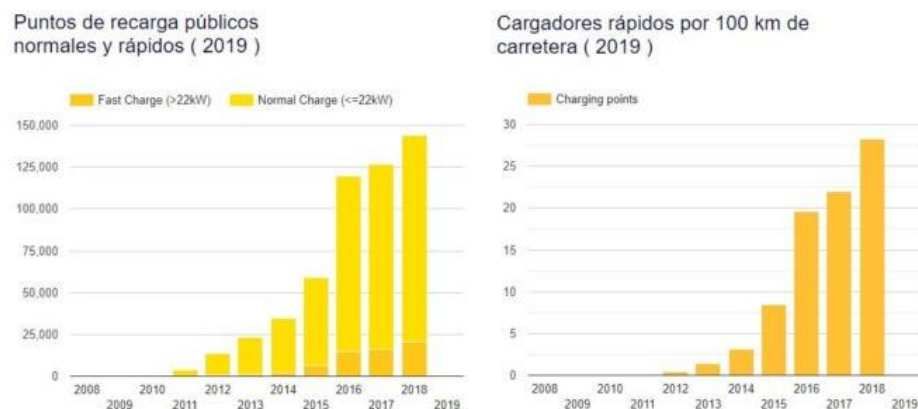


Figura 3.4: Evolució dels punts de recàrrega públics a Espanya 2008-2018 [12]

Si s'analitza la situació dels punts de càrrega a l'estat espanyol, a la *Figura 3.4* es pot observar la tendència creixent de punts de recàrrega públics instal·lats. També convé destacar que, deixant de banda els supercarregadors de *Tesla*, gairebé cap estació de recàrrega disposa de carregadors ràpids amb potències superiors a 100 kW.

Finalment, es considera rellevant mencionar que segons l'últim baròmetre d'electromobilitat de ANFAC, Espanya es situa a la cua de tota la Unió Europea en termes d'infraestructura de recàrrega. En concret, durant el segon trimestre de l'any 2020, es van registrar 272 nous punts de recàrrega públics a l'estat espanyol, assolint una xifra de 7.879 punts de recàrrega instal·lats en tot el país. [13]

3.2. L'energia solar fotovoltaica

Actualment, les energies renovables donen feina al doble de persones que la indústria petrolera. De fet, l'Agència Internacional de l'Energia Renovable (IAEA) estima que la fotovoltaica, l'eòlica, la biomassa i altres fonts verdes donen feina a més d'onze milions de persones.

La transició energètica ja és una revolució de present i futur. El sector de l'energia solar fotovoltaica afirma que preveu instal·lar, en els propers 5 anys, més potència elèctrica que l'energia nuclear durant els darrers 40 anys. Tot i això, la contribució de l'energia fotovoltaica al mix global només representa el 2,6%.

Segons la patronal europea del sector solar, al 2019 la potència instal·lada era de 600 GW i la previsió és que al 2023 aquest valor oscil·li entre els 1.400 GW i els 1.900 GW. Aquesta previsió suposa un increment d'entre un 60% i un 160% de la potència instal·lada en només quatre anys. [14]

Si s'analitza la situació a la Unió Europea, a la *Figura 3.5* també es pot observar un creixement exponencial de l'energia fotovoltaica durant els darrers deu anys, principalment degut a l'abaratiment dels costos de producció i els objectius de penetració de les energies renovables en el mix energètic. De fet, aquesta penetració es veu materialitzada en la Directiva Europea de l'Energia Renovable i la creixent conscienciació respecte a l'autoconsum com a mesura eficaç per a reduir les emissions de CO₂.

Per posar xifres a aquest creixement, les dades recollides en l'informe anual del sector fotovoltaic de la Unió Espanyola Fotovoltaica (UNEF) mostren un increment del 30% en instal·lació de potència fotovoltaica a Europa al 2017 respecte l'any anterior. En concret, l'any 2017 es van instal·lar un total de 9,2 GW de potència fotovoltaica respecte als 7 GW instal·lats l'any anterior. [15]

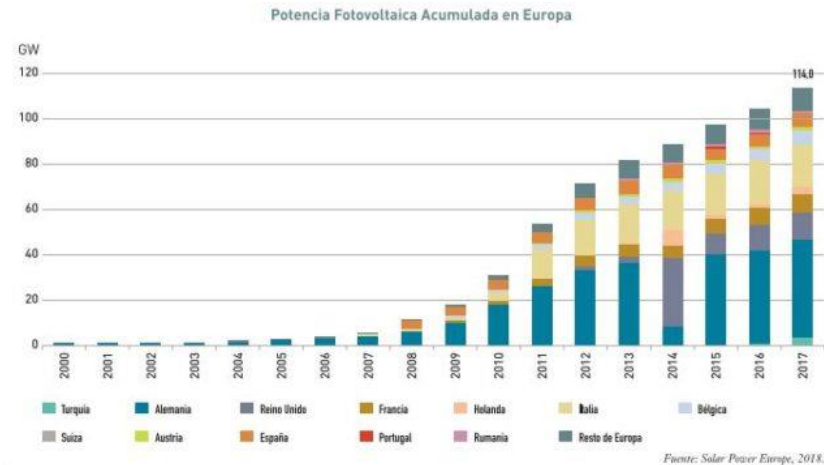


Figura 3.5: Evolució de la potència fotovoltaica instal·lada a Europa 2000-2017 [16]

Pel que fa a l'estat espanyol, es vol destacar que l'energia fotovoltaica va irrompre amb força a l'any 2008 degut a la implicació del govern espanyol en forma de subvencions, però es va veure frenada degut a la crisi econòmica.

Tot i això, l'any 2019 ha estat el millor de la història per l'energia fotovoltaica a Espanya establint un nou rècord de potència instal·lada. De fet, al llarg de l'any 2019 es va instal·lar un total de 4.201 MW en camps fotovoltaics i un total de 459 MW d'autoconsum, tal com es pot observar a la Figura 3.6. [17]

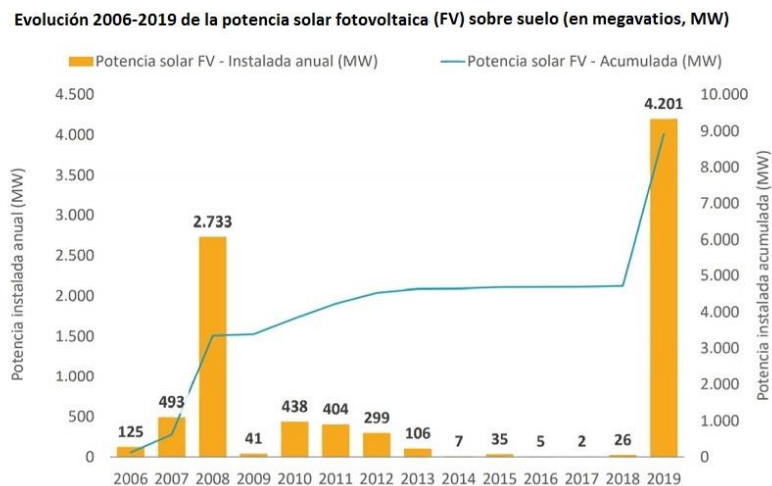


Figura 3.6: Evolució de la potència instal·lada en camps fotovoltaics a Espanya 2006-2019 [18]

4. Normativa aplicable

En tot projecte apareixen certes limitacions quan es té en compte la normativa vigent respecte tots els aspectes que l'involucren, per això és important analitzar la normativa que pot afectar al desenvolupament del projecte per saber totes les especificacions tècniques que aquest ha de complir a l'hora de la seva execució.

El conjunt de reglaments, decrets, directives i normatives aplicables és molt extens i a continuació s'enumeren les normatives més rellevants. [19] [20]

- RD 1955/2000, de l'1 de desembre, pel que es regulen les activitats de transport, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica.
- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (RD 842/2002, de 2 d'agost) i Instruccions Tècniques Complementàries (ITC).
- Instrucció Tècnica Complementària ITC BT 52 referent a Instal·lacions amb finalitats especials. Infraestructures per a la recàrrega de vehicles elèctrics.
- RD 1110/2007, del 24 d'agost, pel que s'aprova el Reglament unificat de punts de mesura del sistema elèctric.
- RD 1578/2008, del 26 de setembre, de retribució de l'activitat de producció d'energia elèctrica mitjançant tecnologia solar fotovoltaica per instal·lacions posteriors a la data límit de manteniment de la retribució del RD 661/2007, del 25 de maig, per aquesta tecnologia.
- RD 647/2011, del 9 de maig, pel qual es regula l'activitat de gestió de càrregues del sistema per a la realització de serveis de recàrrega energètica.
- RD 1544/2011, del 31 d'octubre, pel que s'estableixen els peatges d'accés a les xarxes de transport i distribució que han de satisfer els productors d'energia elèctrica.
- RD 1699/2011, del 18 de novembre, pel que es regula la connexió a xarxa d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica de petita potència.
- RD 413/2014, del 6 de juny, pel que es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energies renovables, cogeneració i residus.

- RD 900/2015, del 9 d'octubre, pel que es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de les modalitats de subministrament d'energia elèctrica amb autoconsum i de producció amb autoconsum.
- RD 1074/2015, del 27 de novembre, pel que es modifiquen diferents disposicions en el sector elèctric.
- RD 244/2019, del 5 d'abril, pel que es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica.
- RD 1183/2020, del 29 de desembre, pel que es regula l'accés i connexió a xarxes de transport i distribució d'energia elèctrica
- RD 148/2021, del 9 de març, pel qual s'estableix la metodologia de càlcul dels càrrecs del sistema elèctric.
- Circular 3/2020, del 15 de gener, de la Comissió Nacional dels Mercats i la Competència (CNMC), per la que s'estableix la metodologia pel càlcul dels peatges de transport i distribució d'electricitat
- Circular 1/2021, del 20 de gener, de la Comissió Nacional dels Mercats i la Competència (CNMC), per la que s'estableix la metodologia i condicions de l'accés i de la connexió a les xarxes de transport i distribució de les instal·lacions de producció d'energia elèctrica.
- Resolució del 18 de març de 2021, de la Comissió Nacional dels Mercats i la Competència (CNMC), per la que s'estableixen els valors dels peatges d'accés a les xarxes de transport i distribució d'electricitat d'aplicació a partir de l'1 de juny de 2021.
- Directives Europees de Compatibilitat Electromagnètica 2014/30/UE i Directiva Europea de Baixa Tensió 2014/35/UE.
- Decret llei 16/2019, del 26 de novembre, de mesures urgents per a l'emergència climàtica i l'impuls a les energies renovables.
- Normes UNE i recomanacions UNESA.
- Plec de condicions tècniques IDAE d'instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a la xarxa i aïllades.
- Especificacions tècniques de la companyia elèctrica distribuïdora i transportista.

5. Emplaçament

Amb l'objectiu de poder realitzar el disseny de l'estació de càrrega i la instal·lació fotovoltaica per una demanda concreta, és necessari definir una ubicació específica on es realitzen l'optimització de les dos instal·lacions.

Per aquest motiu, s'ha definit que una bona ubicació seria a Gurb, al tram on conflueixen les carreteres C-17 i C-25, perquè aquesta zona té un trànsit elevat de vehicles, fet que implica una demanda important a l'estació de càrrega. Concretament, l'emplaçament de les instal·lacions és a la Ronda Agricultura, al municipi de Gurb.

Un dels altres motius per escollir aquesta ubicació és que els terrenys disponibles on es vol realitzar les instal·lacions estan classificats al Registre de Plantejament Urbanístic de Catalunya (RPUC) com a sòl urbanitzable. [21]

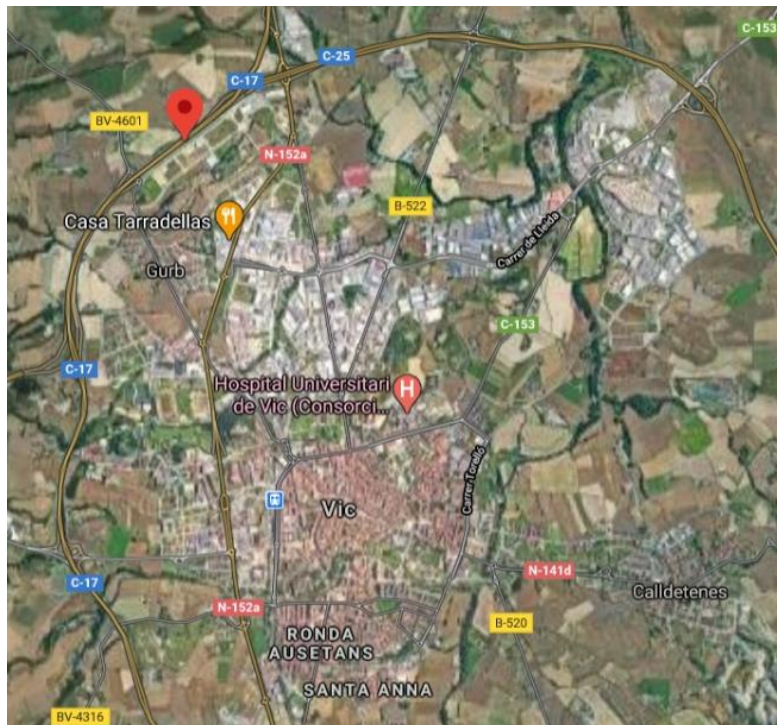


Figura 5.1: Emplaçament escollit per a la ubicació de les instal·lacions [Font: Google Maps]

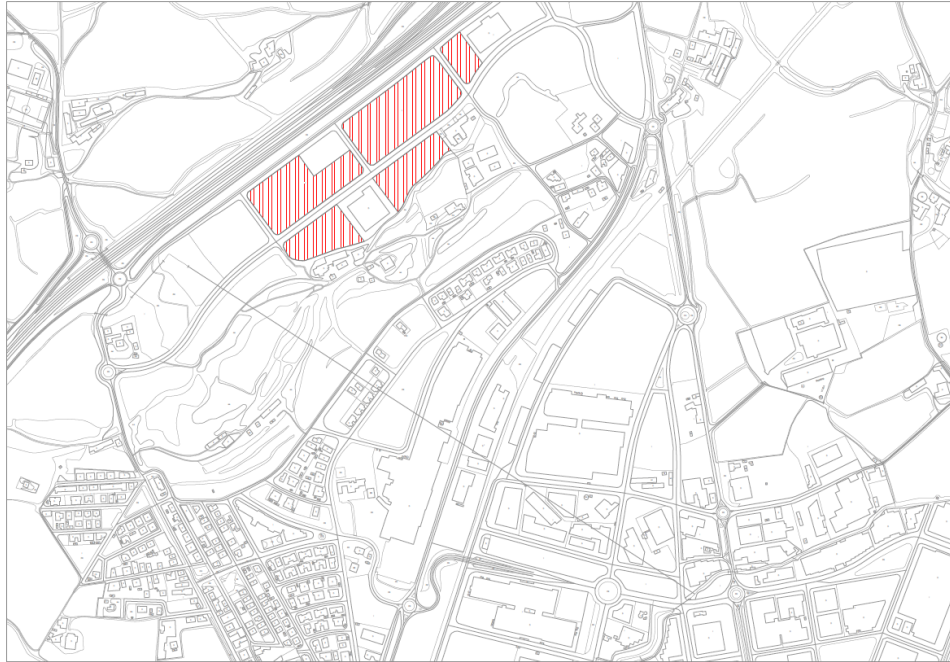


Figura 5.2: Terrenys disponibles per a l'emplaçament de les instal·lacions escala 1/15000 [21]

Tal com es pot observar a la figura anterior, l'emplaçament escollit permet ubicar la totalitat de les instal·lacions al costat d'un tram de carretera d'alta circulació de vehicles, fet que propicia un fàcil accés per als usuaris i una demanda elevada.

Per altra banda, també es pot observar que es disposa de terreny urbanitzable suficient per ubicar la totalitat de les instal·lacions que es vol dissenyar en el present projecte.

6. Anàlisi d'alternatives

6.1. Recàrrega de vehicles elèctrics

A mode introductori d'aquest apartat, es mostra una taula resum que relaciona els diferents tipus de connectors, els tipus de càrrega, els modes de càrrega i les principals característiques de cadascun d'ells:

Tipus de càrrega	Súper Lenta	Lenta	Semi ràpida	Ràpida	Ultra ràpida
Potència	< 2,3 kW	< 3,7 kW	7,4 kW < P < 22 kW	43 kW < P < 50 kW	> 50 kW
Modes de càrrega	1	2	3	3, 4	4
Tipus connectors	Schuko	Tipus 1, Tipus 2, Tipus 3	Tipus 2, Tipus 3	Tipus 2, Tipus CSS, Tipus 4	Tipus CSS
Xarxa elèctrica	CA monofàsic	CA monofàsic	CA trifàsic	CA trifàsic, CC	CC
Tensió nominal	230 V	230 V	400 V	400 V, 480 Vcc	480 Vcc
Intensitat màxima	10 A	16 A	32 A	73 A, 105 Acc	200 Acc
Nivell comunicació	Nul	Baix	Alt	Alt, Total	Total

Taula 6.1: Característiques principals dels diferents tipus de recàrregues [Font: Elaboració Pròpia]

6.1.1. Tipus de càrrega

Els tipus de càrrega s'especifiquen segons la velocitat de càrrega, és a dir, segons el temps que es tarda a carregar les bateries del vehicle. Aquest temps de càrrega depèn directament de la potència elèctrica disponible. Es poden considerar cinc tipus diferents de càrrega: [22] [23]

Càrrega súper-lenta: és un tipus de càrrega poc freqüent i gairebé no es troben punts de recàrrega d'aquestes característiques. Es considera aquest tipus de càrrega quan la intensitat és inferior a 10A per no disposar d'una instal·lació elèctrica adequada amb les proteccions adients.

Càrrega lenta o convencional: és el tipus de càrrega més habitual ja que qualsevol vehicle la suporta i es pot realitzar en un habitatge. Es caracteritza per una intensitat màxima de 16A, que representa una potència màxima de 3,7 kW i un temps de càrrega d'unes 8 hores. És el tipus de càrrega més recomanat perquè permet maximitzar la vida útil de les bateries.

Càrrega semi ràpida: aquest tipus de càrrega es troba habitualment en espais públics i es realitza a una potència entre els 7,4 kW i els 22 kW. En el cas d'habitatges particulars no és recomanable degut a la gran potència de la instal·lació que representaria un augment important del cost de la càrrega.

Càrrega ràpida: per considerar-se aquest tipus de càrrega, la potència ha de ser d'entre 43 kW i 50 kW i es considera que es pot assolir el 80% de la càrrega del vehicle en un temps aproximat de mitja hora. Aquest tipus de recàrrega està pensat per les estacions d'ús públic com les electrolineres, on és necessari resoldre situacions concretes com viatges llargs o disposició de poc temps per a la recàrrega. No es recomana utilitzar aquest tipus de càrrega a diari perquè podria reduir la vida útil de les bateries.

Càrrega ultra ràpida: per a les electrolineres de carretera on es vol minimitzar el temps de càrrega, es poden instal·lar carregadors ultra ràpids. Aquests es caracteritzen per tenir una potència de fins a 350 kW i un temps de càrrega d'aproximadament 5 minuts, però la càrrega s'ha de realitzar en corrent continua i el seu principal inconvenient és l'afectació de la vida útil de la bateria.

6.1.2. Tipus de connectors

Els connectors són els tipus d'endolls que permeten connectar el vehicle elèctric a la xarxa de recàrrega. Actualment, els tipus de connectors encara no estan estandarditzats a nivell mundial i, per aquest motiu, es poden diferenciar varis endolls, amb diferents dimensions i propietats. També existeixen diferent tipus de carregadors segons si s'utilitza corrent continua o corrent alterna. En total, existeixen sis tipus de connectors: [23] [24]

Connector Shucko: aquest connector és un estàndard europeu per a la connexió d'aparells elèctrics a la xarxa de baixa tensió amb corrents monofàsiques, amb una intensitat màxima de 16 A. La majoria de vehicles elèctrics disposen d'un cable amb endoll tipus Shucko per endollar a la paret i amb el connector corresponent a la banda del vehicle.

Connector Tipus 1 o SAEJ1722: aquest tipus de connector és l'adoptat pels mercats asiàtic i americà i està preparat per a realitzar la recàrrega en corrent alterna. Disposa de les característiques tècniques d'un endoll monofàsic normal al que s'hi afegeixen dos pins addicionals destinats a la comunicació entre el carregador extern i el vehicle. Pot operar a tensions de fins a 250 V i intensitats de 80 A, però el més habitual és recàrregues de 16 A (3,7 kW) o 32 A (7,4 kW), segons si es vol realitzar recàrrega lenta o semi ràpida.



Figura 6.1.: Tipus de connector Shucko [24]



Figura 6.2: Connector tipus SAEJ1722 [24]

Connector Tipus 2 o Mennekes: aquest tipus de connector és, actualment, l'homologat com estàndard europeu. Aquest connector és de corrent alterna i permet realitzar des de càrregues monofàsiques d'un màxim de 16 A (3,7 kW) fins a càrregues trifàsiques a 400 V i un màxim de 63 A (44 kW). El connector disposa de 7 contactes: els tres contactes de fase, el neutre, la connexió a terra i els dos pins de comunicació.

Connector Tipus 3 o Scame: aquest tipus de connector disposa de tres variants segons si es realitza la càrrega monofàsica o trifàsica i segons la intensitat màxima admissible, que pot ser de 16 A o de 32 A. Actualment està en desús ja que a Europa s'han imposat els connectors estàndards Tipus 2 o Mennekes.



Figura 6.3: Connector Tipus 2 [24]



Figura 6.4: Connector Tipus 3 [24]

Connector Tipus 4 o CHAdeMO: aquest tipus de connector principalment és utilitzat pels fabricants japonesos, dissenyat de forma exclusiva per a realitzar recàrregues ràpides en corrent continua per suportar fins a 125 A (50 kW). Aquest connector té 10 borns, presa de terra i comunicació amb la xarxa.

Connector CSS: aquest tipus de connector també va ser dissenyat per permetre la càrrega en corrent continua. De fet, es pot dir que consisteix en un conductor Tipus 2 o Mennekes al que li han afegit dos pins de potència per a corrent continua, oferint l'avantatge de poder carregar de les dos formes amb el mateix connector. Actualment aquest és el tipus de connector pel que s'està optant a Europa i permet treballar a una potència màxima en corrent alterna de 43 kW (63 A en trifàsica 400 V) i a una potència màxima en corrent continua de 100 kW.



Figura 6.5: Connector Tipus 4 [24]



Figura 6.6: Connector tipus CSS [24]

6.1.3. Modes de càrrega

Els modes de càrrega estan relacionats amb el nivell de comunicació entre el vehicle elèctric i la infraestructura de recàrrega i, per tant, el control que es pugui tenir sobre el procés de càrrega amb l'objectiu de programar-la, analitzar-ne el seu estat o inclús vendre energia a la xarxa elèctrica des del vehicle.

Així, existeixen quatre modes de càrrega, numerats del 1 al 4, on els modes amb major numeració fan referència a un nivell de comunicació major entre el vehicle elèctric i la infraestructura de càrrega i, per tant, la possibilitat d'un major control. A continuació s'expliquen els quatre modes de càrrega: [23] [25]

Mode 1: sense comunicació amb la xarxa. S'aplica una presa de corrent convencional amb connector tipus *Shucko*, pel que el punt de recàrrega no està dissenyat específicament per a la recàrrega del vehicle. És una càrrega lenta, monofàsica en corrent alterna amb una potència màxima de 3,7 kW.

Aquesta connexió no té ni seguretat ni protecció, per aquest fet no es recomana el seu ús en vehicles elèctrics, sinó que és més indicat per a la recàrrega de ciclomotors, bicicletes o patinets elèctrics.

Mode 2: és un mode idèntic que l'anterior, però amb la diferència que el cable incorpora un sistema de protecció i un interruptor diferencial, una manera d'afegir seguretat al procés i un grau baix de comunicació entre el punt de recàrrega i el vehicle. Es tracta d'una recàrrega lenta, monofàsica en corrent alterna i una potència màxima de 3,7 kW.

Mode 3: és el mode estandarditzat en les recàrregues de destí i la seva funció és, exclusivament, la recàrrega de vehicles elèctrics o híbrids endollables. Disposa d'un alt grau de comunicació amb la infraestructura de recàrrega i les proteccions i els dispositius de control estan incorporats al punt de recàrrega.

Amb aquest mode, es pot realitzar la recàrrega en corrent alterna tant monofàsica com trifàsica i permet una potència màxima de 7,4 kW en monofàsica i una potència màxima de 43 kW en trifàsica. Per aquest mode de càrrega es requereix de connectors Tipus 1 o Tipus 2 segons el vehicle, encara que actualment el 90% dels vehicles utilitzen un connector Tipus 2.

Mode 4: aquest mode està destinat per a la recàrrega ràpida en corrent continua gràcies al transformador que incorpora. Generalment es troba en punts de recàrrega públics, ja que el seu elevat cost limita el seu ús a aquest àmbit. La comunicació entre el punt de recàrrega i el vehicle és total.

En aquest cas, el punt de recàrrega ja incorpora el propi cable, així com també incorpora les funcions de control i protecció de forma permanent i s'encarrega de realitzar la conversió de corrent alterna a continua. Les recàrregues són de mínim 50 kW i és necessari disposar d'un connector Tipus 4 o d'un connector CSS. També es vol destacar que la recàrrega també pot ser de tipus ultra ràpida, podent arribar a una potència màxima de 350 kW.

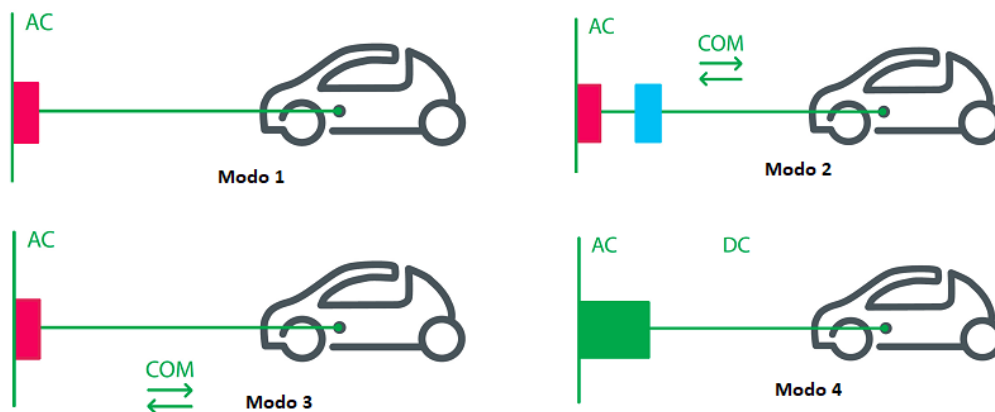


Figura 6.7: Representació esquemàtica dels quatre modes de recàrrega [25]

6.2. Instal·lació solar fotovoltaica

Una instal·lació solar fotovoltaica fa referència a la instal·lació necessària per poder aprofitar l'energia del Sol per la producció d'electricitat. Dins de l'energia solar fotovoltaica es poden distingir tres principals tipus d'instal·lacions, que s'expliquen a continuació.

6.2.1. Instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica

Les instal·lacions connectades a xarxa elèctrica són instal·lacions on l'energia generada s'injecta directament a la xarxa elèctrica, funcionant com si fos una central de producció d'electricitat.

En cas d'haver-hi consum d'electricitat, aquest es pot cobrir amb la producció d'electricitat de les mateixes instal·lacions, però no es pot consumir energia de la xarxa elèctrica.

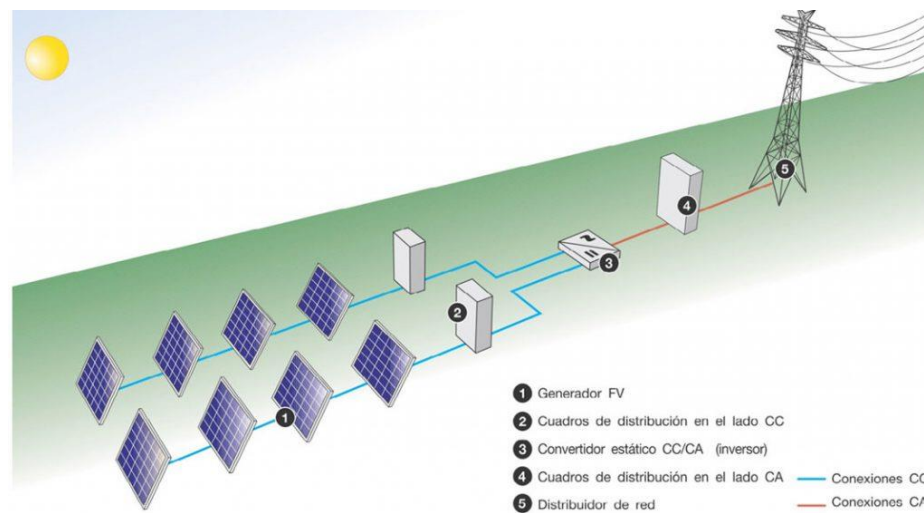


Figura 6.8: Esquema d'una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica [26]

El concepte d'aquest tipus d'instal·lacions és compatible amb moltes aplicacions: per una banda es poden realitzar instal·lacions de potència petita i mitjana en teulades o terrasses d'habitatges o indústries i, per altra banda, es poden realitzar grans plantes de producció d'electricitat de potència instal·lada de varis MW.

Tot i això, no és molt recomanat en edificis, ja que requereix una instal·lació elèctrica nova i independent de la instal·lació existent en l'edifici. Per una banda hi hauria l'habitual línia de subministrament d'energia elèctrica de consum amb els seus comptadors i proteccions corresponents i, per altra banda, la instal·lació solar fotovoltaica amb tots els seus elements i equipament elèctric propi de control, interconnexió i mesura. [27]

Per aquest tipus d'instal·lacions, les companyies elèctriques estableixen i verifiquen els punts de connexió a la xarxa. Per definir una correcta unió a la xarxa elèctrica, hi ha dos condicions principals: que la potència instal·lada en fotovoltaica no superi el 50% de la capacitat de la mateixa xarxa en aquella zona i que la caiguda de tensió en la instal·lació elèctrica sigui inferior al 2%. [27]

Per a poder vendre l'energia a la xarxa és necessari que una companyia comercialitzadora representi al productor d'electricitat a la xarxa elèctrica. Aquest tipus d'instal·lacions és una bona alternativa per a empreses o particulars que volen obtenir un benefici a llarg termini i opten per promoure un consum energètic sostenible. De fet, es calcula que aquest tipus d'inversions tenen una rendibilitat aproximada del 10% i un període de retorn aproximat d'entre 8 i 11 anys. [28]

6.2.2. Instal·lacions fotovoltaiques d'autoconsum

Una instal·lació fotovoltàica d'autoconsum es basa en què l'usuari produeixi la seva pròpia electricitat per cobrir el consum personal d'energia. Dins d'aquest tipus d'instal·lacions es poden diferenciar tres subtipus: [29]

Instal·lació d'autoconsum sense excedents: en aquest tipus d'instal·lacions, es disposa d'un dispositiu que assegura la injecció zero, és a dir, que només es produeix energia suficient per cobrir el consum instantani en aquella ubicació sense injectar energia a la xarxa elèctrica.

Instal·lació d'autoconsum amb excedents sense compensació: en aquest tipus d'instal·lacions, quan l'energia produïda és superior al consum de la ubicació, el sobrant s'injecta a la xarxa elèctrica.

Instal·lació d'autoconsum amb excedents acollida a compensació simplificada: en aquest tipus d'instal·lacions, el funcionament és igual que en el cas anterior però l'entitat comercialitzadora d'electricitat compensa a la factura de llum l'energia injectada a la xarxa.

Un cop analitzats els diferents tipus, es pot afirmar que el més interessant és el que inclou compensació d'excedents, ja que permet obtenir un ingrés econòmic addicional injectant a xarxa els excedents d'energia.

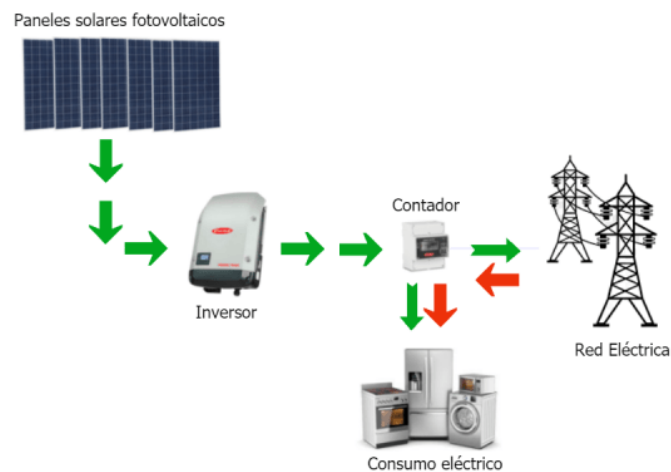


Figura 6.9: Esquema d'una instal·lació fotovoltàica d'autoconsum amb excedents [30]

És important diferenciar entre venda d'energia elèctrica i compensació d'excedents, ja que és un error bastant comú confondre la compensació d'excedents com a venda d'energia elèctrica.

Cal saber que la venda d'energia fotovoltàica depèn del preu del mercat elèctric, l'usuari ha de donar-se d'alta com a productor d'energia elèctrica i se li aplica un impost del 7% sobre el valor de la producció d'energia elèctrica.

Pel que fa a la compensació d'excedents, el preu de la compensació dependrà de la companyia comercialitzadora i l'import a compensar no pot ser superior a l'import de l'energia consumida en aquella instal·lació. [31]

Per altra banda, aquest tipus d'instal·lacions també permeten realitzar autoconsum compartit. En aquesta modalitat, la instal·lació està connectada a un conjunt d'habitatges o indústries i l'energia generada es reparteix segons un coeficient fixe a les diferents instal·lacions elèctriques connectades.

Finalment, es vol destacar que aquest tipus d'instal·lacions són més econòmiques que les aïllades ja que no és imprescindible instal·lar bateries i, a més, el fet de disposar de connexió amb la xarxa elèctrica garanteix el subministrament continu d'electricitat.

6.2.3. Instal·lacions aïllades de la xarxa elèctrica

Una instal·lació aïllada de la xarxa és un sistema fotovoltaic que treballa desconnectat de la xarxa elèctrica i està format per una font de generació d'energia, com els panells fotovoltaics, i un sistema d'emmagatzematge d'energia, com les bateries. [32]

El funcionament d'aquests tipus d'instal·lacions es caracteritza per cobrir el consum d'energia elèctrica utilitzant panells fotovoltaics i bateries, amb l'objectiu de obtenir un excedent d'energia en hores de Sol per poder emmagatzemar-lo a les bateries i utilitzar aquesta energia durant les hores nocturnes. També és comú utilitzar un generador de gasoil com a suport per evitar quedar-se sense electricitat en èpoques d'hivern.

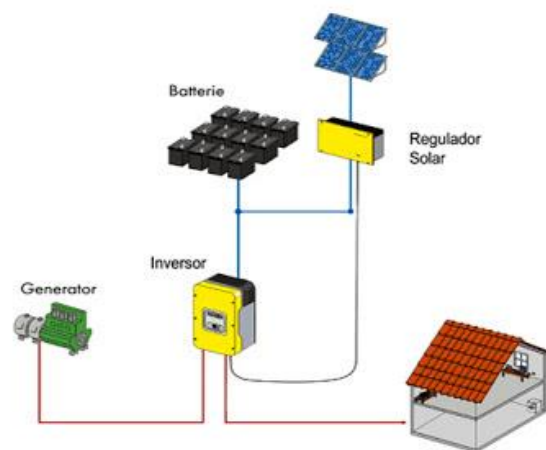


Figura 6.10: Esquema de funcionament d'una instal·lació fotovoltaica aïllada en un habitatge [33]

Normalment, l'energia s'emmagatzema en bateries, però també existeixen sistemes que aprofiten l'excedent d'electricitat per bombear aigua a una zona més elevada i llavors fer-la passar per una turbina quan es necessiti produir electricitat.

Aquest tipus d'instal·lacions no estan pensades per a ubicacions on la xarxa elèctrica està ben desenvolupada, però poden ser útils en per zones rurals, tant per ús domèstic com per l'enllumenat o per ús agrícola i ramader. També s'utilitzen aquest tipus d'instal·lacions per senyalitzacions en carreteres, vaixells, autocaravanes i antenes de telecomunicacions, entre d'altres. [32]

El principal avantatge d'aquest tipus d'instal·lacions recau en la seva independència de la xarxa elèctrica, proporcionant seguretat davant de fallades de la xarxa i protecció davant l'augment de preus de l'electricitat.

Per altra banda, és necessari realitzar una instal·lació sobredimensionada on als mesos d'estiu hi haurà molt excedent d'energia per poder garantir el correcte subministrament d'energia durant els mesos d'hivern. També es vol mencionar que el preu actual de les bateries encareix de forma considerable aquestes instal·lacions. [34]

Com a conclusió, és un sistema útil per a zones amb dificultat d'accés a la xarxa elèctrica o zones on no és necessari garantir un subministrament d'energia diari constant, ja que permet estalviar-se el cost de la factura d'electricitat.

7. Hipòtesis de funcionament

Abans de realitzar la optimització i el disseny tant de l'electrolinera com de la instal·lació solar fotovoltaica, és necessari definir una sèrie de paràmetres que es consideren importants a partir de les possibles alternatives definides a l'apartat anterior.

En definitiva, es vol realitzar una primera avaluació descartant les opcions que d'entrada ja no es consideren viables i, més endavant, s'analitzarà amb més detall les alternatives que en aquest apartat s'han considerat com a possibles.

7.1. Funcionament de l'electrolinera

Tal com s'ha vist a l'apartat d'antecedents, les propostes més similars no són simplement una estació de recàrrega, sinó que es centren en oferir els mateixos avantatges que una àrea de servei actual.

Per aquest motiu, s'ha decidit que l'electrolinera que es dissenya en aquest projecte, a part de la recàrrega de vehicles elèctrics, també disposa de les següents instal·lacions: un supermercat, un bar-restaurant, una sala de descans amb connexió a una xarxa *wifi*, una àrea de pícnic i una zona d'entreteniment per nens. Tot i això, el disseny d'aquestes instal·lacions no pertany a l'abast del projecte, simplement es vol mencionar que està previst que les instal·lacions incorporin aquests serveis.

Pel que fa a les característiques tècniques de la recàrrega dels vehicles, es considera necessari determinar certs aspectes tècnics que s'exposen a continuació. En primer lloc, pel que fa al tipus de càrrega, es descarten les opcions de càrrega lenta i súper lenta perquè el perfil de clients de l'estació de càrrega són usuaris que no volen invertir molta estona en la recàrrega del seu vehicle.

Entre els altres tres tipus de càrrega restants, es considera important disposar de punts de càrrega amb varietat de potències, ja que es pot oferir un servei més divers que s'adapti millor a les necessitats concretes de cada possible usuari. En l'apartat d'optimització es decidirà quants punts de recàrrega i de quina potència és necessari instal·lar.

En segon lloc, pel que fa als tipus de connectors, s'utilitzaran dos models: per una banda s'utilitzarà el connector Tipus 2 o *Mennekes* per a les càrregues semi ràpides i ràpides, que es realitzen amb corrent alterna, perquè aquest connector és l'homologat com estàndard europeu. Per altra banda, també s'utilitzarà el connector *CSS* perquè es pot utilitzar tant amb corrent continua com alterna i amb tipus de càrrega semi ràpida, ràpida i ultra ràpida amb un màxim de 100kW de potència.

En tercer lloc, el mode de càrrega a utilitzar queda definit pel tipus de connector i el tipus de càrrega que s'utilitza en cada punt de recàrrega: en els punts que s'instal·li un connector Tipus 2 s'haurà de realitzar una recàrrega en Mode 3, mentre que en els punts on s'instal·li un connector tipus CSS s'haurà de realitzar una recàrrega de Mode 4. Els dos modes de càrrega que s'utilitzaran disposen d'un alt nivell de comunicació entre el vehicle i el punt de càrrega, fet que permet controlar els paràmetres i l'estat de la càrrega del vehicle en temps real des d'un *smartphone*.

Un altre aspecte a considerar és la visibilitat del punts de càrrega, és a dir, els possibles usuaris del vehicle elèctric han de saber on es troba l'estació de càrrega i dels seus serveis i disponibilitat. Per assolir aquest objectiu, actualment existeixen aplicacions que mostren els diferents punts de càrrega que tenen registrats en un mapa i els usuaris saben la ubicació del punt, la seva potència i tipus de connector, el seu cost i la seva disponibilitat, entre altres paràmetres.

Una de les aplicacions que ofereix aquest servei és *Chargemap*, una aplicació mòbil que ofereix una extensa base de dades amb punts de recàrrega repartits per tot Europa. Els serveis que ofereix aquesta empresa no només es centren en la ubicació de punts de càrrega, sinó que ofereix serveis variats com el *Chargemap Pass*, una targeta d'accés i pagament compatible amb la majoria de les xarxes de recàrrega europees i que garanteix que la càrrega es realitzarà amb un 100% d'energia provinent de fonts renovables.

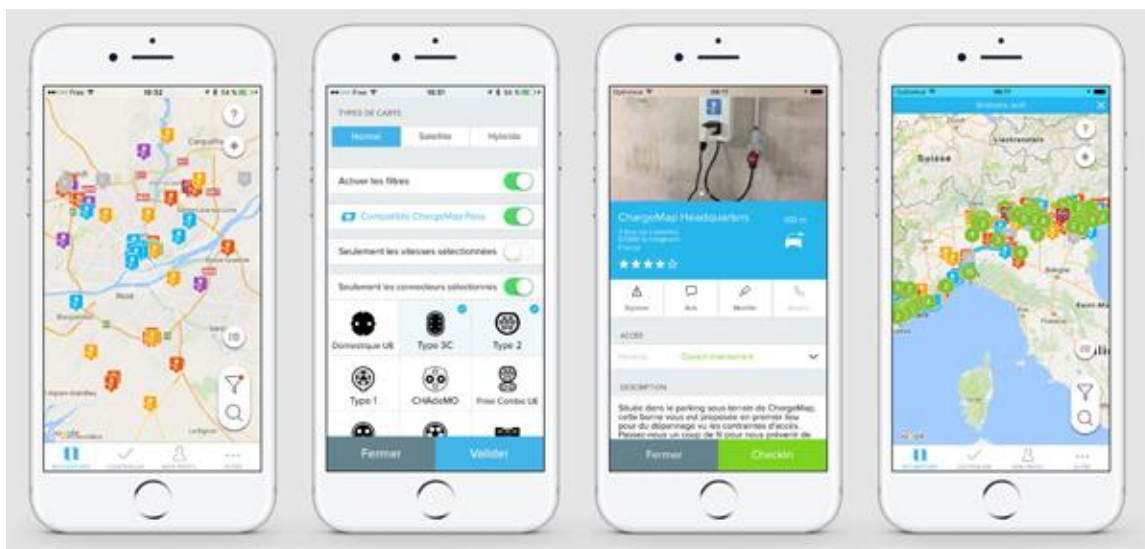


Figura 7.1: Diferents funcionalitats de l'aplicació de Chargemap [35]

Entre altres serveis que *Chargemap* ofereix, també es vol destacar una comunitat d'usuaris de vehicle elèctric on es poden compartir experiències sobre tots els punts de càrrega que es troben a l'aplicació. [36]

Un altre exemple similar és l'empresa *Electromaps*, que ofereix serveis similars a la plataforma anterior però, a més, també ofereix a les empreses propietàries dels punts de recàrrega un software per a gestionar el cobrament de la càrrega i monitoritzar la informació de les càrregues que es realitzen, així com gestionar la comunicació entre cada punt de recàrrega i el vehicle connectat.

Per aquest motiu, en el projecte que s'està portant a terme es decideix apostar per *Electromaps*, ja que una mateixa plataforma ofereix visibilitat a l'estació de càrrega i gestiona el cobrament i les recàrregues que es realitzen a la pròpia estació. El sistema de pagament funciona de manera que els usuaris realitzen el pagament a *Electromaps* a través de l'aplicació i a final de mes el propietari dels punts de recàrrega cobra l'import corresponent a totes les recàrregues realitzades durant aquell mes..



Figura 7.2: Esquema de la gestió del cobrament de les recàrregues utilitzant *Electromaps* [37]

També es vol destacar que, igual que *Chargemap*, disposa d'un sistema de pagament compatible amb la majoria de punts de recàrrega de tot Europa, així com també disposa d'una base de dades extensa i una comunitat amb gairebé 120.000 usuaris de vehicle elèctric, que representa el 95% dels conductors de vehicle elèctric a nivell espanyol.

Finalment, es vol destacar que la plataforma *Electromaps* permet que el propietari del punt de recàrrega defineixi la tarifa d'ús i permet crear quatre tipus de tarifes diferents segons la potència del punt, els kWh consumits pel client, els minuts que el punt de recàrrega ha estat ocupat i segons si s'ha realitzat reserva prèvia o no. [37]

7.2. Funcionament de la instal·lació fotovoltaica

Un cop decidides les hipòtesis de funcionament de l'electrolinera, es decideixen les hipòtesis de la instal·lació fotovoltaica. Tal com s'ha vist a l'anàlisi d'alternatives, es poden diferenciar tres tipus d'instal·lacions fotovoltaiques i a continuació s'analitzen els avantatges i inconvenients de cada una.

Primer de tot, es descarta l'opció de realitzar una instal·lació aïllada perquè és necessari una instal·lació de bateries de gran capacitat, fet que suposa una inversió molt elevada i implica que el projecte no sigui viable econòmicament.

En segon lloc, una opció que s'ha contemplat ha estat una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica. Aquesta opció es caracteritza per vendre energia a la xarxa però no consumir-la, és a dir, l'electrolinera no consumeix energia de xarxa sinó que només disposa de l'energia que s'està produint en aquell instant en la instal·lació fotovoltaica i tota l'energia produïda que no es consumeix directament a l'electrolinera es ven a la xarxa elèctrica.

Els avantatges principals són que l'electrolinera funciona amb un 100% d'energia renovable i el fet de no consumir energia de xarxa implica no haver de pagar el terme de potència de la factura elèctrica, que es preveu força elevat. El principal inconvenient d'aquesta opció és que l'estació de càrrega no funciona en les hores que no hi ha Sol i només es disposa de la potència que la instal·lació fotovoltaica és capaç de subministrar.

Un cop analitzats els avantatges i inconvenients es decideix descartar aquesta alternativa perquè l'electrolinera no ofereix un servei de qualitat als usuaris si només pot funcionar en certes hores del dia i amb limitacions de potència segons la producció fotovoltaica.

En definitiva, es decideix optar per una instal·lació fotovoltaica d'autoconsum. Dins les possibilitats que aquest tipus d'instal·lacions ofereixen, segons la potència nominal que s'obtingui en l'apartat d'optimització hi ha dos opcions:

Per una banda, si la potència nominal de la instal·lació és inferior als 100 kW, la millor opció és una instal·lació fotovoltaica amb excedents aïllada a compensació simplificada, és a dir, la producció d'electricitat es destina a cobrir el consum i els excedents s'injecten a la xarxa elèctrica a canvi d'una compensació. D'aquesta manera es pot assegurar un funcionament de l'electrolinera ininterromput i també s'obtenen uns ingressos addicionals amb la compensació dels excedents.

Per altra banda, si la potència és superior als 100 kW, s'ha d'optar per una instal·lació fotovoltaica amb excedents sense compensació simplificada, on els excedents seran injectats a la xarxa però en règim de venda, no de compensació.

Les dos opcions tenen la mateixa instal·lació elèctrica i idèntic funcionament amb dos diferències a nivell legal: si es considera venda a xarxa, és necessari donar-se d'alta com a productor d'electricitat, fet que implica assumir un impost del 7% sobre l'energia que es ven a la xarxa; en canvi, no hi ha límit de quantitat d'energia que es pot vendre, mentre que amb la compensació l'import màxim mensual que es pot compensar no pot ser superior a l'import del consum d'energia de la xarxa d'aquell mateix mes. [38]

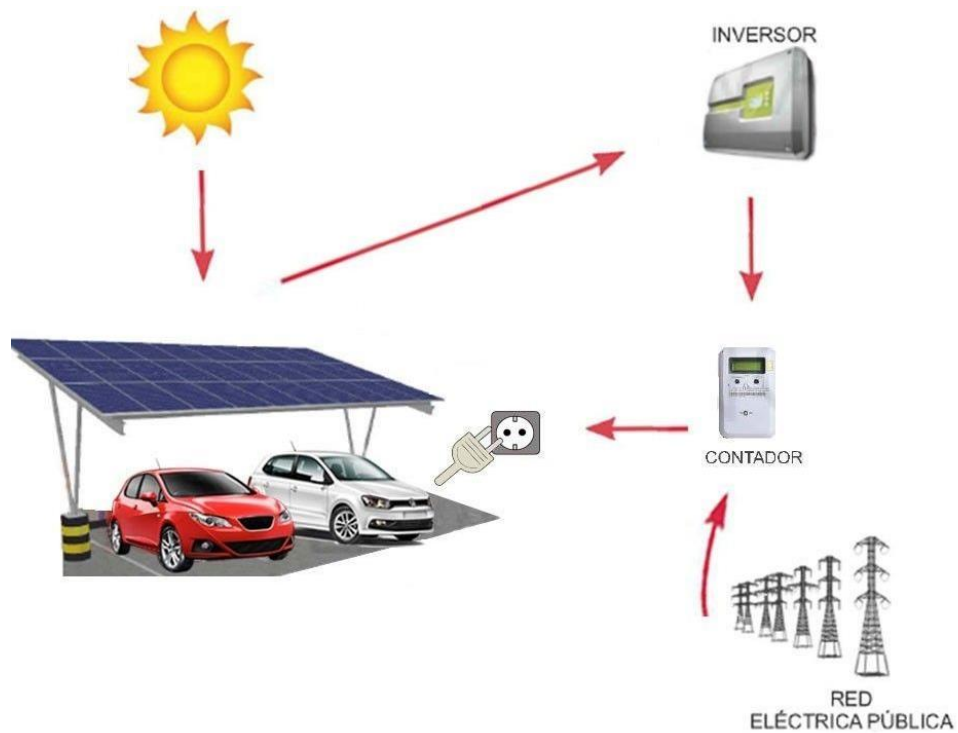


Figura 7.3: Representació esquemàtica del funcionament autoconsum [Font: Elaboració pròpia]

8. Estimació i anàlisi de la demanda de vehicles

Com a pas previ a dimensionar l'estació de càrrega, és necessari saber o estimar la demanda de vehicles elèctrics que aquesta tindrà. Per a obtenir aquest valor, es realitzen tres passos.

En primer lloc, cal saber que la demanda de circulació de vehicles a les principals carreteres de Catalunya és de domini públic i la Generalitat de Catalunya realitza un informe anual amb aquestes dades.

Per a aquest projecte s'ha utilitzat les dades més recents, que són de l'any 2019, i de cada mes s'ha obtingut el nombre mig de vehicles diaris que han circulat pel tram de carretera on es vol ubicar l'electrolinera. Aquestes dades estan separades en dies laborables i festius i segons si són vehicles pesants o lleugers.

Es considera vehicles pesants els que el seu pes màxim autoritzat és superior a les 6 tones i amb capacitat de càrrega superior a les 3,5 tones. [39]

En segon lloc, s'ha recorregut a l'empresa *Cedinsa*, que s'encarrega del manteniment del tram de carretera on es vol ubicar les instal·lacions, per tal d'obtenir la corba diària de circulació de vehicles. D'aquesta manera, s'ha obtingut el nombre mig de vehicles que circulen a cada hora del dia, separat per dia festiu o laborable, per mesos i segons si són vehicles lleugers o pesants. Amb aquestes dades es vol estimar la demanda d'electricitat per hores i sobreposar-ho a la producció fotovoltaica per hores i realitzar un estudi precís sobre la quantitat d'energia que es pot autoconsumir, els excedents d'energia i l'energia que serà necessari obtenir de la xarxa elèctrica.

En tercer lloc, a partir de les dades de vehicles anteriors, s'ha estimat la quantitat de vehicles elèctrics que poden haver-hi circulant pel tram de carretera analitzat i que realitzin la recàrrega de seu vehicle a l'electrolinera. Per a aquesta estimació s'han utilitzat les hipòtesis següents:

- Es preveu un increment de la circulació de vehicles pel tram de carretera on es vol ubicar l'electrolinera del 1,2% anual. Aquesta hipòtesi s'aplica tant a vehicles lleugers com pesats i tant en dies laborables com dies festius.
- Tal com s'ha vist a l'Estudi de Mercat, a l'any 2019 un 1,39% del parc automobilístic estava format per vehicles elèctrics. Aquestes dades fan referència a vehicles lleugers, però pel que fa a vehicles pesants aquest valor és inferior i es considera que és de l'ordre del 0,2%.
- Tenint en compte la previsió d'augment de vendes de vehicles elèctrics vista a l'Estudi de Mercat, es preveu que a l'any 2029 hi hagi un total de 5 milions de vehicles elèctrics.

Aquest valor indica que a l'any 2029 un 16,95% del parc automobilístic espanyol estarà format per vehicles elèctrics. Aquest valor representa un increment mig de vehicles elèctrics de l'ordre del 18,15% anual.

Pel que fa als vehicles pesants, es considera que l'evolució serà més lenta degut a la complexitat del transport de mercaderies amb vehicles elèctrics. De fet, es considera que l'increment mig de vehicles pesants serà de l'ordre del 9,1% anual. Aquestes hipòtesis s'apliquen tant en els dies laborables com festius.

- De la totalitat de vehicles elèctrics que circulen pel tram de carretera on s'ubica l'estació de càrrega, es considera que només un 1,5% dels vehicles lleugers realitzarà la càrrega en dies laborables, ja que els usuaris utilitzen el seu vehicle per acudir al lloc de treball i és probable que no requereixin dels serveis de l'estació.

Per altra banda, en dies festius els usuaris de vehicle lleuger realitzen viatges llargs i es considera que el nombre de vehicles que utilitzaran l'estació de càrrega augmenten fins al 2,5%.

Pel que fa als vehicles pesants, es considera que un 25% realitzarà la càrrega, independentment del dia, degut a la poca disponibilitat de punts de càrrega ràpida a la zona on es vol ubicar l'electrolinera.

A continuació es mostra una part de les dades obtingudes i estimades que s'utilitzen pels càlculs de l'apartat següent. La totalitat de les dades obtingudes i els càlculs realitzats es poden consultar a l'apartat 1.1 de l'Annex.

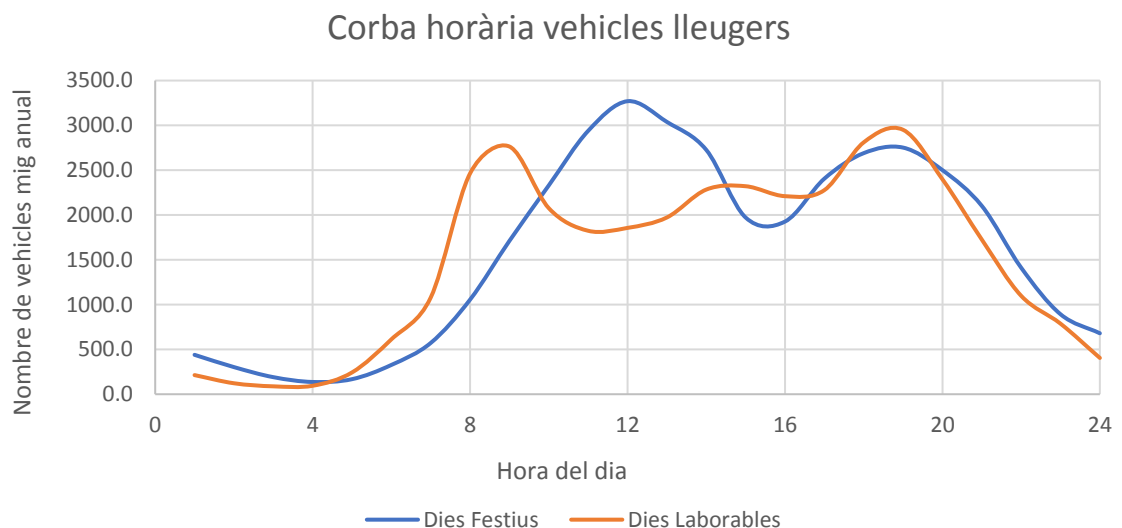


Figura 8.1: Corba horària del nombre de vehicles lleugers [Font: Elaboració Pròpia]

A la *Figura 8.1*, es pot observar la corba horària del nombre de vehicles lleugers que circulen pel tram de carretera a analitzar. En aquesta gràfica s'ha utilitzat els valors horaris mitjos de tot l'any 2019. Per exemple, analitzant la gràfica es pot observar que durant els dies festius de tot l'any entre les 20:00 i les 21:00 ha circulat un nombre mig de 2.500 vehicles.

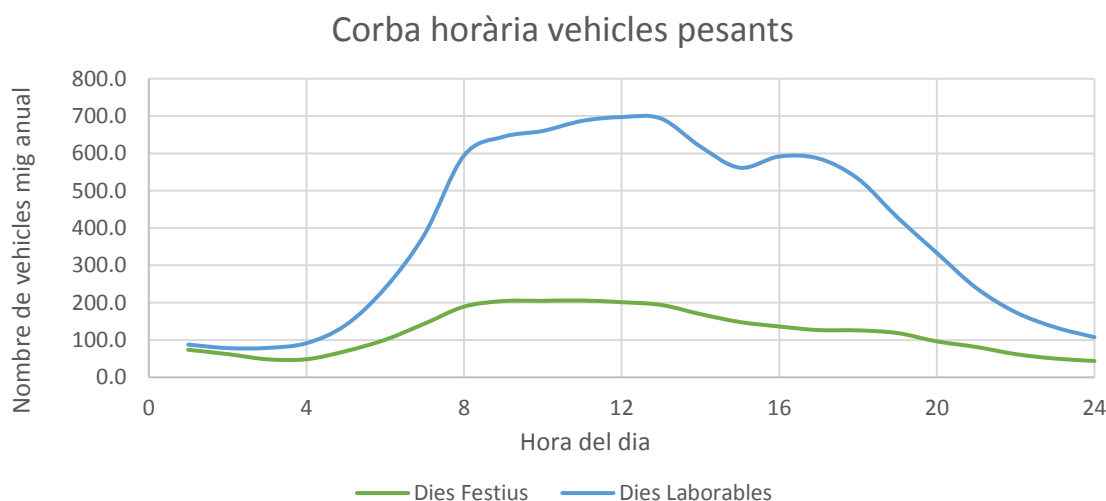


Figura 8.2: Corba horària del nombre de vehicles pesants [Font: Elaboració Pròpia]

A la *Figura 8.2*, es mostren les mateixes dades que a la *Figura 8.1*, però ara fan referència als vehicles pesants. En aquesta gràfica es pot observar una diferència molt pronunciada pel que fa al nombre de vehicles circulant entre els dies laborables i els festius.

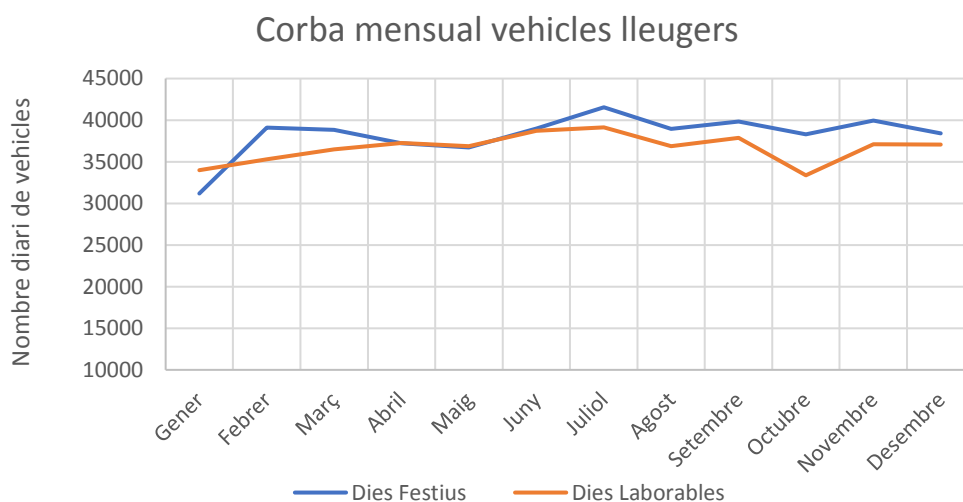


Figura 8.3: Corba mensual del nombre de vehicles lleugers [Font: Elaboració Pròpia]

A la *Figura 8.3*, es pot observar l'evolució de la circulació de vehicles separada per mesos i separada entre dies festius i laborables. En concret, a la gràfica s'observa que la mitjana de circulació acostuma a ser d'entre 35.000 i 40.000 vehicles al dia.

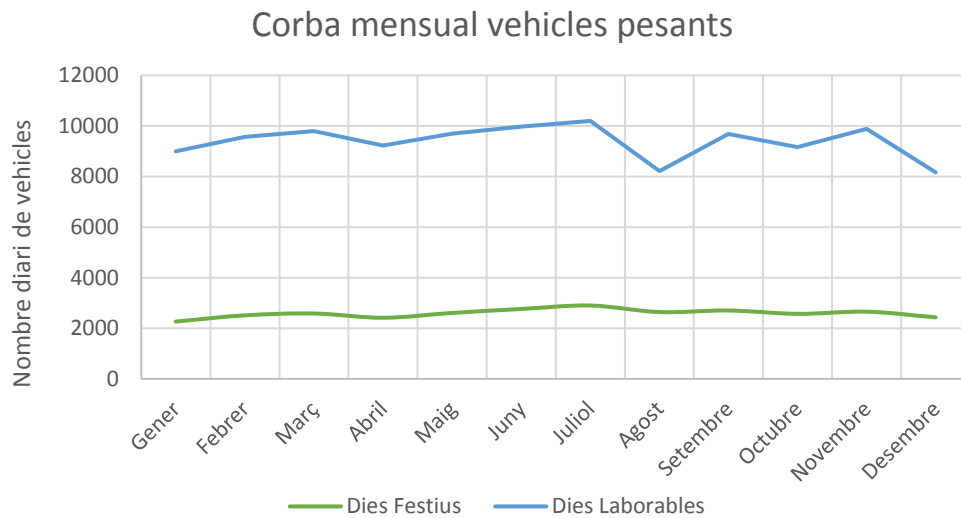


Figura 8.4: Corba mensual del nombre de vehicles lleugers [Font: Elaboració Pròpia]

A la Figura 8.4 es mostren les mateixes dades que a la Figura 8.3, però ara fan referència als vehicles pesants. Clarament es pot observar una gran diferència de circulació de vehicles pesants entre els dies laborables i festius, tal com s'ha pogut observar a la corba horària que fa referència a aquest tipus de vehicles.

Un cop analitzades les dades de circulació de vehicles i utilitzant els supòsits explicats anteriorment, s'ha estimat la demanda de vehicles elèctrics que tindrà l'electrolinera. En concret, en la Figura 8.5 es pot observar l'evolució de la demanda que s'estima en els propers 10 anys, tant de vehicles lleugers com pesants. Es preveu que per l'any 2030 la demanda mitjana anual sigui de 66 vehicles lleugers al dia i de 11 vehicles pesants al dia.

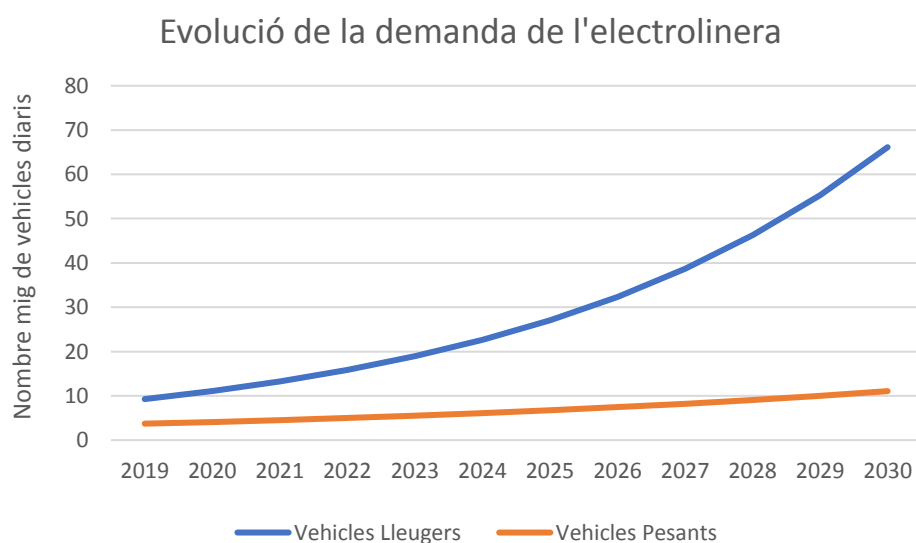


Figura 8.5: Evolució de la demanda de l'electrolinera [Font: Elaboració Pròpia]

9. Dimensionament i optimització de l'electrolinera

L'objectiu d'aquest apartat és dissenyar una eina d'optimització d'electrolineres on introduint el nombre de vehicles al dia mig que es preveu que utilitzaran l'estació de càrrega, la pròpia eina calculi el nombre de punts de càrrega necessaris i de quina potència, i també la potència que és necessari contractar a cada període. Amb aquesta eina d'optimització també es pot obtenir el consum mensual d'energia previst i les corbes horàries de consum i potència previstes d'un dia tipus de cada mes de l'any.

Convé destacar que en aquesta fase es realitza l'eina d'optimització i s'utilitza com a dades de partida les obtingudes en l'apartat anterior. D'aquesta manera, s'aconsegueix dissenyar una eina d'optimització i els valors obtinguts com a resultats ens determinen les característiques de l'electrolinera que es vol dimensionar. Les dades de partida de l'eina d'optimització són:

- Les dades principals a introduir són el nombre de vehicles per dia que es preveu que utilitzarà l'estació de càrrega, separats segons si són vehicles lleugers o pesants. Aquestes dades corresponen a la demanda mitjana anual de vehicles diaris de l'any 2030 obtingudes a l'apartat anterior, és a dir, 66 vehicles lleugers i 11 vehicles pesants.
- En segon lloc, és necessari introduir les corbes horàries de circulació de vehicles tant lleugers com pesants i en dies laborables i dies festius, és a dir, del dia tipus de cada mes el percentatge de vehicles que circula a cada hora segons vehicles lleugers o pesants i segons dies laborables i festius. Aquestes dades s'han obtingut de l'empresa *Cedinsa* per aquest projecte, però en cas de no disposar d'aquestes dades es poden estimar.
- En tercer lloc, és necessari introduir el nombre de dies festius de cada mes de l'any on es realitza l'estudi. Aquestes dades permeten separar de forma més precisa el consum entre dies laborables i dies festius.
- En quart lloc s'introdueixen uns coeficients per adaptar la demanda de vehicles de cada mes. El valor de vehicles diaris no és constant en cada mes, per aquest motiu s'aplica uns coeficients per adaptar aquest nombre de vehicles a la circulació de cada mes i segons si és dia laborable o festiu. Aquests coeficients s'introdueixen tant de vehicles lleugers com pesants i s'han calculat a partir del nombre de vehicles que circulen cada mes i el nombre de vehicles total anual, tal com es pot observar a l'apartat 1.1 de l'Annex.

- Finalment, per a calcular l'energia que es consumeix en l'electrolinera és necessari introduir la capacitat mitja de les bateries dels vehicles elèctrics, tant lleugers com pesants; i el percentatge de bateria mig que es carrega, tant de vehicles lleugers com pesants.

En aquest projecte s'ha estimat que els vehicles lleugers tenen una capacitat de la bateria de 40kWh i que la carreguen un 70% de la seva capacitat, mentre que pels vehicles pesants s'ha estimat que tenen una capacitat de la bateria de 120kWh i que la carreguen fins al 50% de la seva capacitat.

Un cop definides les dades de partida, és necessari realitzar una sèrie de càlculs per tal d'obtenir el consum d'energia i la demanda de potència de l'electrolinera, ja que aquests valors ens permetran calcular el nombre necessari de punts de recàrrega que cal instal·lar i la potència que cal contractar a cada període. Per a realitzar aquests càlculs s'han tingut en compte els següents supòsits:

- Al llarg d'una hora, es suposa que l'arribada de vehicles és lineal i continua i segueix la corba horària de circulació de vehicles mencionada anteriorment. El consum d'energia segueix la mateixa distribució que l'arribada de vehicles
- La demanda de potència no segueix una distribució continua, sinó que en cada moment que arriba un vehicle la potència augmenta i es manté constant fins que marxa un vehicle.
- Pel que fa als vehicles lleugers, es suposa que un 20% utilitza un punt de càrrega semi ràpid (22 kW), que un 60% utilitza un punt de càrrega ràpid (50 kW) i que un 20% utilitza un punt de càrrega ultra ràpid (100 kW).
- Pel que fa als vehicles pesants, es suposa que un 50% utilitza un punt de càrrega ràpid (50 kW) i que un 50% utilitza un punt de càrrega ultra ràpid (100 kW).

Amb aquests supòsits, s'ha realitzat els càlculs necessaris per a determinar la demanda de potència i el consum horari d'un dia tipus de cada mes de l'any. Els càlculs es troben explicats amb detall a l'apartat 1.2 de l'Annex i a continuació s'explica la metodologia seguida de forma resumida.

En primer lloc, amb les dades inicials mencionades i tenint en compte les hipòtesis anteriors, es calcula la corba horària d'arribada de vehicles i de consum d'energia d'un dia laboral tipus i d'un dia festiu tipus de cada mes.

Per calcular la corba de potència, era necessari tenir en compte que no segueix una distribució continua, sinó que cada moment que arriba un vehicle la potència augmenta fins que marxa i s'ha intentat simular realitzant una suma acumulada de la corba horària i suposant l'arribada d'un vehicle cada cop que aquesta suma arribava a una unitat. Aquest càlcul s'ha realitzat amb les expressions següents:

$$N^{\circ}Vehicles\ Real\ (i) = Truncar\ (N^{\circ}Vehicles(i) + Residu\ Vehicles\ (i - 1))$$

$$Residu\ Vehicles\ (i) = Residu\ Vehicles\ (i - 1) + N^{\circ}Vehicles(i) - N^{\circ}Vehicles\ Real(i)$$

$$Residu\ Vehicles\ (i = 0) = 0$$

A partir dels valors enters d'arribada de vehicles, s'ha suposat que la potència de cada vehicle era la mitjana de potència calculada segons el percentatge de vehicles que utilitza cada punt de càrrega, tant de lleugers com pesants. Segons les hipòtesis utilitzades, aquest valor és de 54,4 kW per vehicles lleugers i de 75 kW per vehicles pesants. A partir d'aquests valors s'ha calculat la corba horària de demanda de potència.

Nº Vehic. lleugers	Nº Vehicles real lleugers	Residu lleugers	Nº Vehic. pesants	Nº Vehicles real pesants	Residu pesants	Potència [kW]	P. real [kW]
0,39	0	0,39	0,16	0	0,16	0	0
0,94	1	0,33	0,39	0	0,55	54,4	72
1,65	1	0,98	0,97	1	0,52	129,4	150
2,89	3	0,87	1,03	1	0,55	238,2	244
1,17	2	0,04	0,58	1	0,13	183,8	200
0,29	0	0,33	0,27	0	0,40	0	0

Taula 9.1: Exemple de càlcul d'un tram de la corba de potència [Font: Elaboració Pròpia]

Seguidament, de cada mes es calcula el consum d'energia i la potència màxima per període. També és interessant calcular el nombre màxim de vehicles que arriben en l'hora de màxima demanda per comprovar si es formaran cues a l'electrolinera.

El següent pas consisteix en optimitzar el nombre de punts de càrrega a instal·lar per tal de cobrir la màxima demanda de potència, és a dir, a partir del valor màxim de la corba s'aproxima al valor superior combinació de la suma de potències de 22 KW, 50 kW i 100 kW, ja que és obligatori que la potència demandada sigui combinació de les diferents potències disponibles als punts de càrrega.

Amb aquest mètode es vol assegurar que la potència dels punts de càrrega sigui en tot moment igual o superior a la demanda de potència per assegurar un bon servei amb les mínimes cues possibles.

Per últim, utilitzant el valor mínim entre la demanda de potència màxima en cada període i la potència total disponible en els punts de carregar es pot determinar la potència òptima a contractar en cada període.

Finalment, un cop realitzats els càlculs convenients, en l'eina d'optimització de l'estació de càrrega s'han obtingut els resultats següents:

Període	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Potència a contractar	494 kW	494 kW	494 kW	422 kW	494 kW	544 kW

Taula 9.2: Resultats de potència a contractar en l'electrolinera [Font: elaboració pròpia]

Tipus de punts de càrrega	Nombre
Punts de càrrega semi ràpids (22 kW)	2 unitats
Punts de càrrega ràpids (50 kW)	6 unitats
Punts de càrrega ultra ràpids (100 kW)	2 unitats

Taula 9.3: Nombre de punts de potència a instal·lar en cada període [Font: Elaboració pròpia]

A continuació es mostra el consum d'energia anual separat per períodes i per mesos:

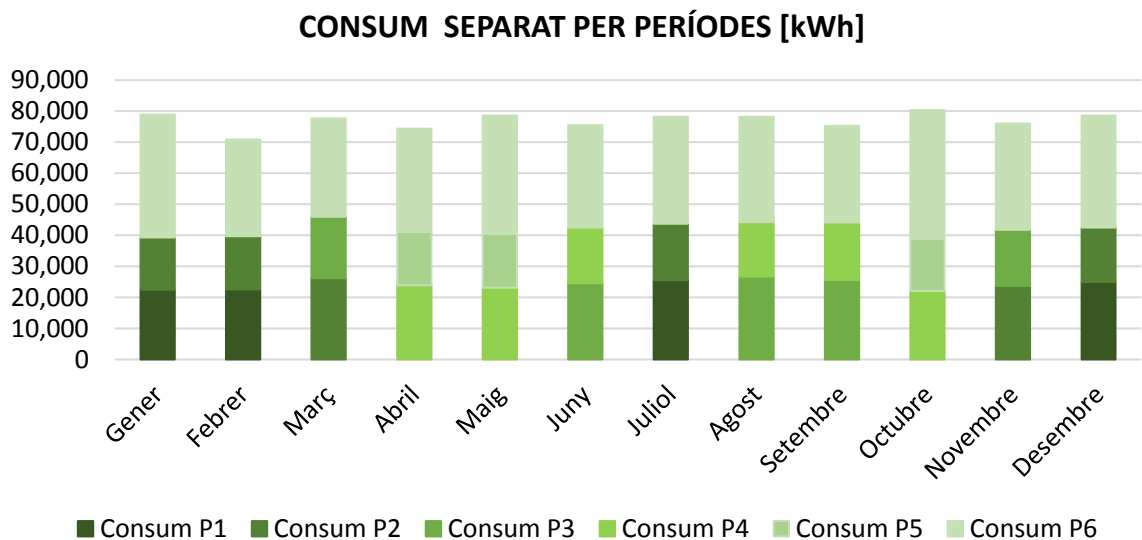


Figura 9.1: Consum d'energia separat per mesos i períodes [Font: Elaboració pròpia]

10. Dimensionament i optimització de la instal·lació solar fotovoltaica

L'objectiu d'aquest apartat és dissenyar una eina d'optimització que, a partir del consum d'energia i les corbes de consum de l'electrolinera calculi les dimensions òptimes de la instal·lació fotovoltaica.

En aquest apartat es realitza l'eina d'optimització i s'utilitza com a dada de partida el consum d'energia determinat a l'apartat anterior. Així, s'aconsegueix dissenyar una eina d'optimització i els valors obtinguts com a resultats determinen la dimensió de la instal·lació fotovoltaica que es vol dimensionar. Les dades de partida que s'han utilitzat són les següents:

- Les dades principals a introduir són les característiques de la factura elèctrica que es preveu que tindrà l'electrolinera, és a dir, s'ha d'introduir el preu del terme d'energia, el preu del terme de potència de cada període i el preu de venda d'energia a xarxa. Actualment, aquest últim oscil·la al voltant dels 0,04 €/kWh i aquest és el valor que s'ha utilitzat.

En aquest projecte s'ha suposat que l'electrolinera contractarà la tarifa 3.0 TD, que va entrar en vigor el passat 1 de juny, i que és la prevista per consums amb baixa tensió i de potència contractada superior a 15 kW. A partir dels peatges de transport i distribució d'aquesta tarifa determinats a la resolució del 18 de març de 2021 s'ha determinat el preu dels termes de potència i energia utilitzats pels càlculs.

Període	Preu facturació energia variable [€/kWh]	Preu facturació potència [€/kW i any]
P1	0,101695	39,139315
P2	0,090132	19,586630
P3	0,074188	14,334280
P4	0,067977	14,334280
P5	0,063544	14,334280
P6	0,058875	6,540070

Taula 10.1: Preus de facturació d'energia i potència utilitzats pels càlculs [Font: Elaboració Pròpia]

- En segon lloc, també és necessari introduir restriccions com la potència màxima fotovoltaica i el percentatge màxim que es vol d'energia excedentària respecte la producció fotovoltaica. També s'introdueixen característiques de la instal·lació com la orientació i inclinació dels panells fotovoltaics.

En aquest projecte, degut a les condicions de l'emplaçament escollit, s'ha determinat que la millor opció és orientar els panells en direcció Sud-Est perquè ofereixen un rendiment bastant bo i s'optimitza la superfície de terreny a utilitzar, en kWp/m².

Pel que fa a la inclinació, s'ha determinat que serà de 30°, ja que aquestes condicions permeten aproximar-se a les característiques de producció òptima a Catalunya i la separació entre files de panells per evitar ombres és inferior que amb inclinacions superiors.

El fet de disposar d'espai suficient, permet que la limitació de potència pugui ser elevada i s'ha decidit que en aquest cas sigui de 500 kWp. Per altra banda, s'ha definit que es vol que el percentatge d'excedents màxim sigui del 20%.

Un cop definides les dades de partida, és necessari realitzar una sèrie de càlculs per determinar les dimensions òptimes de la instal·lació fotovoltaica que minimitza el període de retorn de la inversió. Per a realitzar aquests càlculs s'han tingut en compte els següents supòsits:

- Per a determinar la producció segons la orientació i inclinació dels panells, s'han realitzat varies simulacions amb el programa *Helioscope* per determinar la producció per inclinacions d'entre 0° i 45°, amb intervals de 5°, i per les orientacions Nord, Nord-Est, Est, Sud-Est, Sud, Sud-Oest, Oest i Nord-Oest. [40]

D'aquesta manera, un cop definida la inclinació i orientació dels panells s'ha obtingut el valor d'energia produïda en kWh/kWp de cada mes de l'any.

- En segon lloc, per a determinar les corbes horàries de producció, amb el software *PVGIS*, s'ha obtingut les corbes horàries d'irradiació d'un dia tipus de cada mes. Amb aquestes corbes es pot distribuir la producció prevista diària en les diferents hores del dia. [41]

Amb aquests supòsits s'han realitzat els càlculs necessaris per a determinar les dimensions òptimes de la instal·lació fotovoltaica. Els càlculs realitzats per a determinar la potència òptima es troben explicats a l'apartat 1.3 de l'Annex i a continuació s'explica la metodologia seguida de forma resumida.

En primer lloc, a partir de les corbes horàries de consum i producció es pot calcular quin serà el nou consum previst de xarxa, la quantitat d'energia autoconsumida i la quantitat d'excedents. Es considera que l'estalvi econòmic anual és degut a l'energia autoconsumida i a la venda d'excedents.

A partir de l'experiència adquirida en el meu lloc de treball actual, s'ha determinat que el preu de les instal·lacions fotovoltaïques segueix l'expressió que es mostra a continuació:

$$Cost \text{ [€]} = 4.852,2 + 715,93 * Potència \text{ pic [kWp]} - 0,058 * Potència \text{ pic [kWp]}^2$$

Amb aquesta expressió es calcula el cost de la instal·lació segons els kWp instal·lats. Amb aquest valor i el valor de l'estalvi anual es calcula el període de retorn.

Per tal de calcular l'estalvi anual, es considera que aquest no és constant al llarg dels anys, sinó que es veu afectat per dos percentatges: l'increment previst de l'IPC del sector elèctric, que es considera que tindrà un increment del 2% anual; i la pèrdua de rendiment dels panells fotovoltaïca, que es considera que la pèrdua de rendiment és de l'ordre del 0,7% anual.

S'ha considerat que aquesta metodologia proporciona resultats bastant aproximats i fiables per maximitzar la rendibilitat de la inversió a realitzar.

Es pot observar que els dos valors necessaris per calcular el període de retorn depenen de la potència instal·lada. Per a calcular el valor d'aquesta potència que minimitza el període de retorn s'ha utilitzat l'eina *Solver* de l'Excel obtenint els resultats que es mostren a continuació:

Potència pic a instal·lar [kWp]	221,3 kWp
Producció d'energia anual [MWh]	337,99 MWh
Percentatge d'energia autoconsumida [%]	99,63 %
Percentatge d'energia excedentària [%]	0,37 %
Reducció del consum [%]	36,51 %
Hores efectives [kWh/kWp]	1527,5 kWh/kWp
Estalvi econòmic el 1r any [€]	31.202,69 €
Cost aproximat de la inversió [€]	162.986,35 €
Període de retorn optimitzat	5,09 anys
Estalvi CO2 a l'atmosfera [t CO ₂ /any]	104,1 t/any

Taula 10.2: Resultats de l'eina d'optimització de la instal·lació fotovoltaïca [Font: Elaboració pròpia]

A continuació es mostra la distribució del consum previst per mesos, on es pot observar quina part del consum de l'electrolinera prové de la instal·lació fotovoltaïca, quina part es consumeix de la xarxa elèctrica i també es mostra l'excedent d'energia:

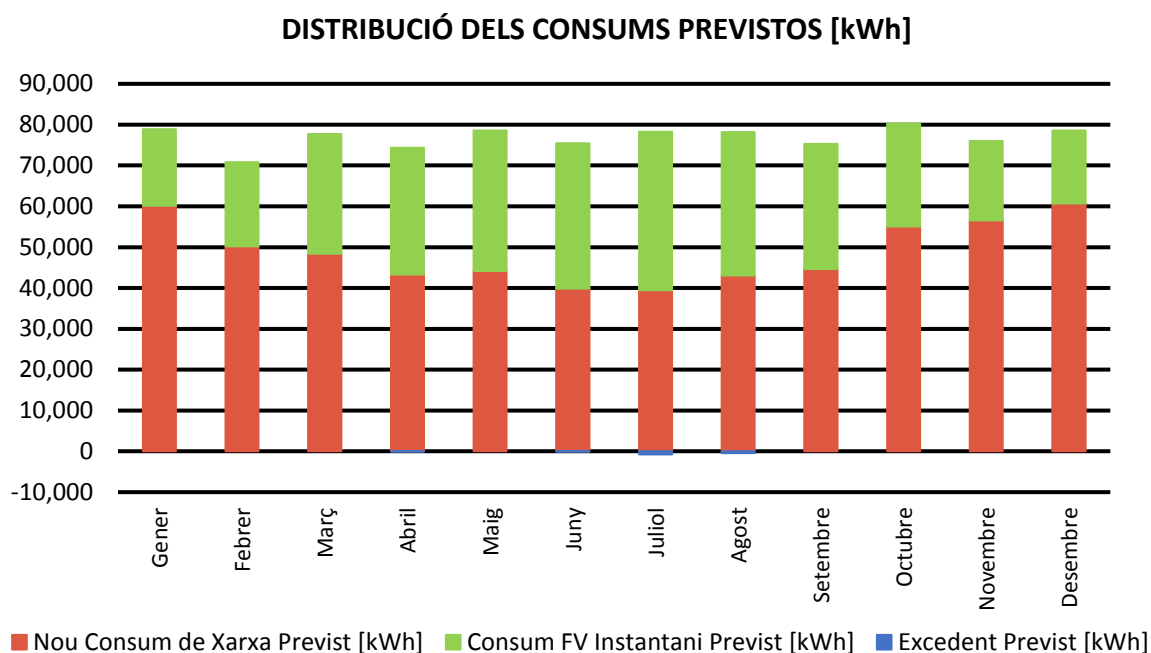


Figura 10.1: Distribució mensual dels consums d'energia

Finalment, es mostra una taula resum dels costos anuals en electricitat de l'electrolinera i l'estalvi previst gràcies a la instal·lació fotovoltaica. D'aquesta manera es pot observar l'impacte en la reducció de costos de l'estació de càrrega que implica la instal·lació

Mes	Import actual	Estalvi previst	Import previst amb FV	Percentatge estalvi
Gener	13.394,23 €	1.952,80 €	11.441,43 €	14,58%
Febrer	12.811,24 €	2.262,81 €	10.548,43 €	17,66%
Març	12.837,65 €	2.862,44 €	9.975,21 €	22,30%
Abril	11.539,11 €	2.507,36 €	9.031,75 €	21,73%
Maig	11.851,13 €	2.782,38 €	9.068,75 €	23,48%
Juny	11.932,31 €	3.061,47 €	8.870,84 €	25,66%
Juliol	13.568,62 €	4.251,98 €	9.316,64 €	31,34%
Agost	12.172,83 €	3.046,02 €	9.126,81 €	25,02%
Setembre	11.941,94 €	2.643,36 €	9.298,58 €	22,14%
Octubre	11.963,05 €	2.032,93 €	9.930,12 €	16,99%
Novembre	12.578,36 €	1.877,03 €	10.701,33 €	14,92%
Desembre	13.536,24 €	1.922,10 €	11.614,14 €	14,20%
ANUAL	150.126,72 €	31.202,69 €	118.924,03 €	20,78%

Taula 10.3: Taula resum dels costos d'electricitat de l'electrolinera [Font: Elaboració Pròpia]

11. Descripció de les instal·lacions

Tal com s'ha mencionat a l'abast del projecte, es vol dissenyar la instal·lació elèctrica necessària per la càrrega de vehicles elèctrics, combinat amb una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica de baixa tensió.

En línies generals, la instal·lació elèctrica està formada per la instal·lació fotovoltaica i la instal·lació de càrrega de vehicles elèctrics, ambdós connectades a un mòdul de protecció TMF-10 que es requereix instal·lar per a connectar-se a la xarxa elèctrica.

El quadre general de proteccions de l'electrolinera es troba ubicat al costat del mòdul de protecció TMF-10 i inclou l'interruptor general automàtic, un descarregador de sobretensions transitòries i permanents i les proteccions de les línies elèctriques de la instal·lació fotovoltaica i la instal·lació de recàrrega de vehicles.

La instal·lació fotovoltaica està formada per 492 mòduls fotovoltaics de 450 Wp de potència unitària, que totalitzen 221,4 kWp de potència instal·lada, connectats a 2 inversors de 100 kW de potència nominal connectat al quadre de proteccions FV. Aquest quadre es connecta al quadre general de proteccions de l'electrolinera, a través d'una línia elèctrica sota canal protectora.

La instal·lació de recàrrega de vehicles elèctrics està formada per 2 punts de càrrega de 22 kW, 6 punts de càrrega de 50 kW i 2 punts de càrrega de 100 kW, tots connectats a un quadre de proteccions VE ubicat al costat dels punts de càrrega. Aquest quadre es connecta al quadre general de proteccions de l'electrolinera a través d'una línia elèctrica soterrada.

Amb l'objectiu de maximitzar l'eficiència de la instal·lació, s'ha decidit construir un petit edifici on ubicar el mòdul de protecció TMF-10, el quadre general de proteccions, el quadre de proteccions FV, l'inversor fotovoltaic i les proteccions de corrent continu de la instal·lació fotovoltaica. Llavors, s'instal·larà el quadre de proteccions VE al costat dels punts de càrrega, tot sota una pèrgola que cobreix aquests elements i els vehicles estacionats.

Es vol mencionar que el projecte es centra en l'anàlisi i desenvolupament de tots els aspectes necessaris per la instal·lació dels punts de càrrega i la fotovoltaica, però les instal·lacions pensades pel confort dels usuaris, com per exemple la pèrgola per cobrir la zona de recàrrega, una àrea de descans, un bar o un supermercat, no s'expliquen perquè no formen part de l'abast del projecte.

Als esquemes elèctrics de l'apartat 2 de l'Annex es pot veure amb detall les connexions explicades en aquest apartat.

11.1. Camp fotovoltaic

11.1.1. Mòduls fotovoltaics

El camp fotovoltaic està format per 492 mòduls de 450 Wp muntats sobre l'estructura descrita posteriorment en l'apartat 11.4. Per aquest projecte s'ha escollit mòduls de la marca *JA SOLAR*, les principals característiques dels quals es mostren a continuació:

Marca	JA SOLAR
Model	JAM72S20-450/MR
Potència pic [Wp]	450 Wp
Tensió punt màxima potència (Vmppt)	41,44 V
Intensitat punt de màxima potència (Imppt)	10,86 A
Tensió en circuit obert (Vco)	49,21 V
Intensitat de curtcircuit (Isc)	11,45 A
Eficiència del panell [%]	20,2 %

Taula 11.1: Principals característiques dels mòduls fotovoltaics utilitzats [42]

La resta de característiques dels mòduls es troben a la seva fitxa tècnica, que es pot consultar a l'apartat 5 de l'Annex.

Els mòduls disposen de connectors *Multi-Contact MC4* per a connectar varis mòduls en sèrie entre ells formant cadenes o *strings*.

En el projecte que s'està executant, s'han format un total de 6 cadenes de 17 mòduls i 9 cadenes de 16 mòduls connectades a cadascun dels 2 inversors, que en total representen 12 cadenes de 17 mòduls i 18 cadenes de 16 mòduls, tal com es pot veure a l'esquema unifilar de la instal·lació fotovoltaica de l'apartat 2 de l'Annex.

11.1.2. Cablejat corrent continua

El cablejat de corrent continu entre els mòduls fotovoltaics i l'inversor serà d'alta seguretat (AS), lliure d'halògens, no propagador de flama i amb baixa emissió de gasos corrosius. El conductor serà de coure estanyat i amb les següents característiques:

- Resistència a temperatures extremes (-40°C a 120°C) segons IEC60811-1-4 i IEC60216-1.
- Tensió nominal 0,6/1 kV CA i 1,8 kV CC.
- Resistència als rajos ultraviolats segons UL1581.
- Resistència a l'ozó segons IEC60811-2-1.

El recorregut del cablejat serà el menor possible, amb la finalitat de reduir les possibles sobretensions d'origen atmosfèric per acumulació de càrregues electrostàtiques. A causa de les tensions de corrent continu, tot el sistema de cablejat i connexions de corrent continu hauran de disposar d'un nivell d'aïllament igual o superior als 0,85 MΩ. Tots els conductors hauran d'estar protegits, al llarg del seu recorregut, sota tub rígid o canal protectora aïllant o, en cas que sigui metàl·lica, adequadament connectada a terra.

Per a complir amb les especificacions de caiguda de tensió i intensitat admissible, la secció d'aquest cablejat ha de ser de 6 mm², tal com es mostra als càlculs realitzats a l'apartat 1.5 de l'Annex.

11.1.3. Proteccions corrent continua

La instal·lació fotovoltaica disposarà d'elements de protecció de corrent continu situats al tram mòduls-inversors. En aquest cas s'instal·la una caixa de proteccions de CC amb dos fusibles de 12A i 1.000V per a cada línia i un descarregador de sobretensions transitòries per a protegir-la.

Els inversors incorporen internament proteccions contra sobreintensitats i també elements de tall en càrrega. L'inversor incorpora al seu interior, tal com estableix la normativa vigent, una separació galvànica entre els circuits de corrent continu i altern.

11.2. Inversors solars

La instal·lació de 221,4 kWp disposarà de 2 inversors trifàsics marca *HUAWEI* i model *SUN2000-100KTL-M1*, de 100 kW de potència nominal, amb les característiques tècniques que es mostren a continuació:

Entrada CC	
Corrent màxim CC d'entrada	26 A
Rang de tensió de treball	200 -1100 V
Rang de tensió MPPT	200 - 1000 V
Tensió nominal de d'entrada	600 V
Nombre de seguidors MPPT	10
Nombre d'entrades per MPPT	2
Sortida CA	
Potència nominal de sortida	100 kW
Freqüència nominal	50 Hz
Tensió de xarxa	400 V

Taula 11.2: Característiques tècniques dels inversors utilitzats [43]

La creació d'harmònics de l'inversor estarà compresa entre els límits fixats a la guia sobre la qualitat d'ona de les xarxes UNESA i segons la norma CEI-1000-3-2. Els inversors també han de disposar de tots els certificats exigibles per la normativa actual.

Per tal d'assegurar el correcte funcionament de l'inversor, és necessari garantir que la tensió en el punt de màxima potència de les cadenes fotovoltaïques que es connecten estigui compresa entre el rang de tensió MPPT de l'inversor i que la tensió en circuit obert de les cadenes sigui inferior a la tensió màxima de treball de l'inversor. En el cas d'aquest projecte, a continuació es comprova aquestes condicions:

- La tensió màxima de circuit obert en la cadena formada per més panells fotovoltaïcs és de 836,57 V, inferior a la tensió màxima de treball de l'inversor de 1.000 V.
- La tensió màxima de treball en el punt de màxima potència en la cadena formada per més panells fotovoltaïcs és de 704,48 V, valor que està inclòs dins el rang de tensions MPPT de l'inversor vist a la *Taula 11.2*.

La fitxa tècnica dels inversors utilitzats es troba a l'apartat 5 de l'Annex.

11.3. Sistema de monitorització

El sistema de monitorització està format pel *Huawei Smart Logger* que permet llegir la producció dels dos inversors i les dades d'irradiació i temperatura per tal d'analitzar el rendiment de la instal·lació i el *Huawei Smart Meter*, un comptador bidireccional.

Així mateix, el *Huawei Smart Logger* recollirà les dades d'energia importada i exportada de la xarxa elèctrica de distribució mesurades pel comptador d'energia *Huawei Smart Meter* que mesurarà al quadre general de proteccions.

D'aquesta manera es poden conèixer tots els fluxos d'energia de la instal·lació en qualsevol moment: energia produïda, consumida i importada/exportada a la xarxa de distribució.

Totes les dades recollides pel *Huawei Smart Logger*, es poden visualitzar a través de la plataforma de monitorització *Fusion Solar*, permetent així una visualització senzilla i ràpida de tot el sistema, a la vegada que permet una detecció ràpida i eficient de qualsevol incidència que tingui lloc a la instal·lació fotovoltaica.

La plataforma *Fusion Solar* permet conèixer en temps real l'autosuficiència energètica assolida, la quota d'autoconsum, l'estalvi en tones de CO₂... així com també permet obtenir històrics de funcionament segons diferents finestres temporals (diari, mensual, anual o vida de la instal·lació fotovoltaica).

A continuació es mostra un esquema de connexionat del sistema de monitorització i del funcionament d'aquest. Es vol mencionar que es poden connectar varis inversors en cascada connectant-los entre ells utilitzant un cable de comunicacions RS485 i llavors un dels inversors es connecta al *Huawei Smart Logger* tal com es mostra a l'esquema següent:

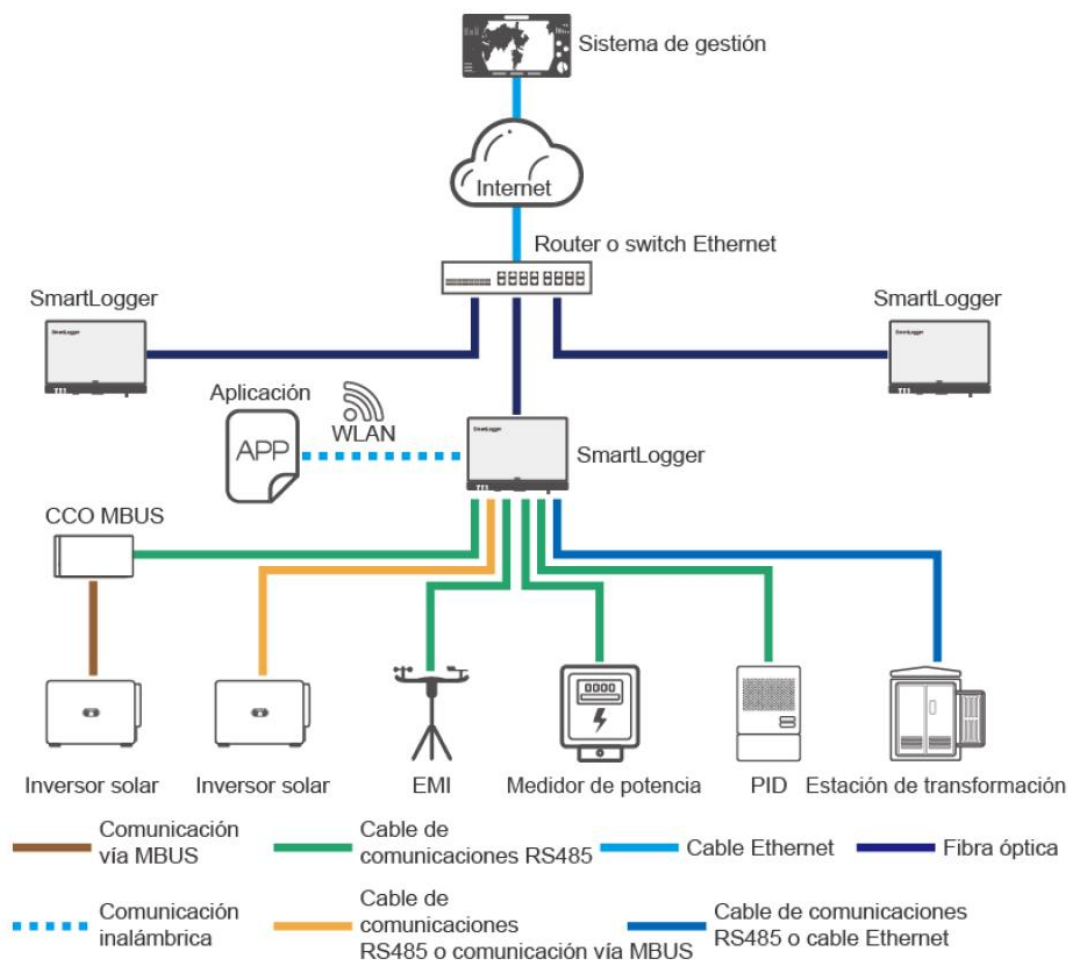


Figura 11.1: Connexionat i funcionament del sistema de monitorització [43]

La fitxa tècnica del *Huawei Smart Logger* i del *Huawei Smart Meter* es troben a l'apartat 5 de l'Annex.

11.4. Estructura dels mòduls fotovoltaics

Per assegurar els mòduls sobre el terreny on s'ubiquen s'ha decidit optar per una solució estructural que es basa en una estructura autoportant de blocs de formigó prefabricats de la marca *Ennova Renovables*.

Aquest sistema es compon per blocs de formigó de 100 kg de pes amb inclinació de 30° com els que es mostren a la figura següent.



Figura 11.2: Estructura de subjecció Ennova Bloc [44]

D'aquesta manera, la instal·lació necessita poca perfil·laria metàl·lica i es redueix l'obra civil a realitzar, ja que aquest tipus d'estructura es pot col·locar directament sobre el terreny sense necessitat de realitzar una sabata de formigó.

La subjecció del mòdul contra els blocs de formigó es farà mitjançant unes pinces de subjecció per pressió amb una amplada de 100mm i fabricades en alumini amb cargolaria M8 d'acer inoxidable.

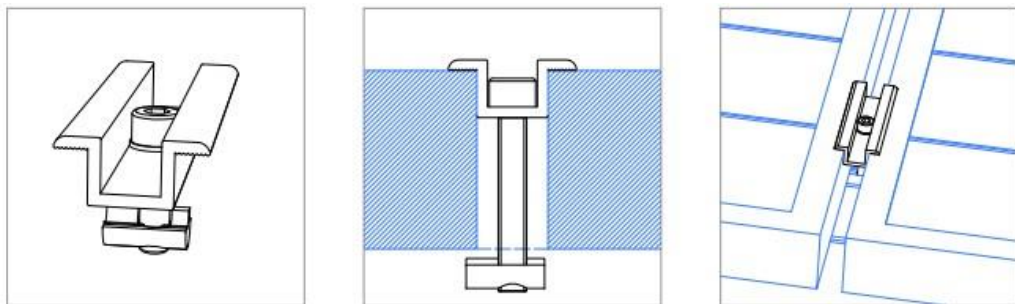


Figura 11.3: Peça intermitja per la subjecció dels mòduls [44]

Els mòduls fotovoltaics situats als extrems es fixaran mitjançant unes peces fabricades en alumini, amb cargols d'acer inoxidable.

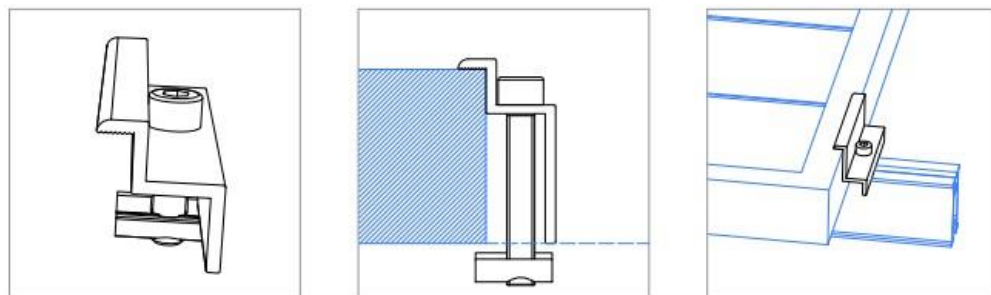


Figura 11.4: Peça de l'extrem per la subjecció dels mòduls [44]

La totalitat de l'estructura de suport descrita inclinarà els mòduls 30° respecte la horitzontal i assegura la subjecció dels mòduls davant d'esforços de vent i neu. Els càlculs de l'estructura facilitats pel fabricant es troben a l'apartat 1.4 de l'Annex i la fitxa tècnica de l'estructura es troba a l'apartat 5 de l'Annex.

11.5. Carregadors de vehicle elèctric

Cada equip de recàrrega ha d'estar protegit individualment per una sortida d'una protecció magnetotèrmica i diferencial. A més, es requereix que l'equip sigui intel·ligent per tal de disposar de la informació sobre les magnituds elèctriques necessàries per a la correcta gestió de la infraestructura.

Els equips estan preparats per ser instal·lats en zones exteriors i resistir les condicions ambientals externes, actes vandàlics i xocs per part dels vehicles que s'estacionen al punt de càrrega; amb un procés senzill d'instal·lació i manteniment.

A continuació s'expliquen les principals característiques dels diferents punts de càrrega a instal·lar i la seva fitxa tècnica es troba a l'apartat 5 de l'Annex.

11.5.1. Punt de recàrrega semi ràpid

Tal com s'ha mencionat anteriorment, és necessari instal·lar dos punts de càrrega de 22 kW de potència nominal. S'ha decidit instal·lar un punt de càrrega marca EVBox tipus *BusinessLine*, que permet carregar dos vehicles de forma simultània amb una potència màxima de 22 kW per connector.

D'aquesta manera, amb la instal·lació d'un sol punt de càrrega es pot subministrar energia a dos vehicles de forma simultània. A continuació es mostren les principals característiques d'aquest punt de càrrega:

Potència màxima [kW]	22 kW
Tipus de connector	Tipus 2
Mode de càrrega	Mode 3
Xarxa	CA trifàsic
Tensió nominal	400 V
Intensitat màxima [A]	32 A
Nivell comunicació	Alt

Taula 11.3: Característiques principals punt de recàrrega semi ràpid [45]

També es vol destacar que aquest punt de càrrega de connexió *Wifi* i *4G*, d'un comptador d'electricitat i es pot configurar per a ser gestionat des de la plataforma *Electromaps*. També inclou altres funcions com la configuració personalitzada de tarifes i el manteniment remot.

11.5.2. Punt de recàrrega ràpid

Tal com s'ha mencionat anteriorment, és necessari instal·lar 6 punts de càrrega de 50 kW de potència nominal. S'ha decidit instal·lar tres punts de càrrega marca EVBox tipus *Troniq 50* perquè permeten connectar dos vehicles de forma simultània i també permeten carregar amb corrent alterna fins a 43 kW i amb corrent continua fins a 50 kW de forma simultània. A continuació es mostren les característiques principals d'aquest punt de càrrega:

	Opció A	Opció B
Potència màxima [kW]	43 kW	50 kW
Tipus de connector	Tipus 2	Tipus CSS
Mode de càrrega	Mode 3	Mode 4
Xarxa	CA trifàsic	CC
Tensió nominal	400 V	480 Vcc
Intensitat màxima [A]	63 A	105 Acc
Nivell comunicació	Alt	Total

Taula 11.4: Característiques principals punt de recàrrega ràpid [45]

També es vol destacar que aquest punt de càrrega és dels més complerts del mercat amb un alt nivell d'intel·ligència i funcionament autònom i és compatible amb la plataforma *Electromaps*.

11.5.3. Punt de recàrrega ultra ràpid

Tal com s'ha mencionat anteriorment, és necessari instal·lar 2 punts de càrrega de 100 kW de potència nominal. S'ha decidit instal·lar un punt de càrrega marca EVBox tipus *Troniq 100* perquè permeten connectar dos vehicles de forma simultània A continuació es mostren les característiques principals d'aquest punt de càrrega:

Potència màxima [kW]	100 kW
Tipus de connector	Tipus CSS
Mode de càrrega	Mode 4
Xarxa	CC
Tensió nominal	480 Vcc
Intensitat màxima [A]	200 Acc
Nivell comunicació	Total

Taula 11.5: Característiques principals punt de recàrrega ultra ràpid [45]

També es vol destacar que aquest punt de càrrega és dels més complets del mercat amb un alt nivell d'intel·ligència i funcionament autònom i és compatible amb la plataforma *Electromaps*.

11.6. Mòdul de proteccions TMF-10

El mòdul de proteccions TMF-10 és un conjunt de protecció i mesura per a subministres individuals de potència superior a 15 kW, ubicat a l'interior d'un armari de formigó amb porta metàl·lica on entra l'escomesa de la companyia distribuïdora, amb la finalitat principal de possibilitar la connexió a la xarxa elèctrica complint la normativa vigent.

Aquest mòdul de proteccions està format per l'embarrat on connectar l'escomesa de companyia, els portafusibles de protecció, el comptador trifàsic bidireccional (que pot ser propietat de l'usuari o de la companyia elèctrica) i l'interruptor de control de potència (ICP).

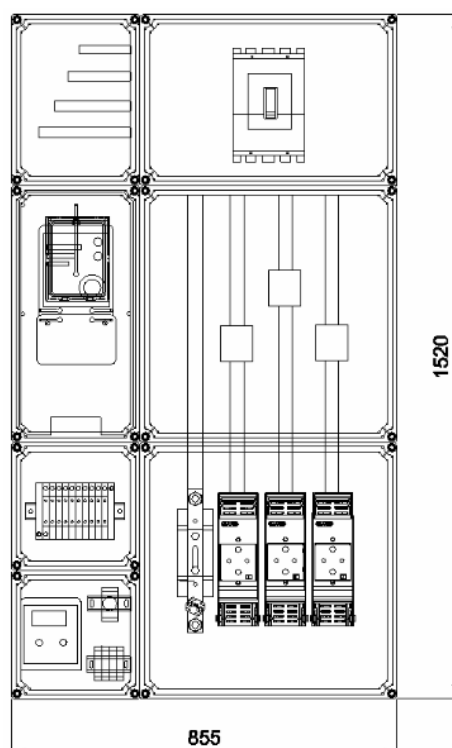


Figura 11.5: Representació esquemàtica d'un mòdul de proteccions TMF-10 prefabricat [46]

La sortida del mòdul de proteccions es connecta al quadre general de proteccions de l'electrolinera. Convé mencionar que els mòduls TMF-10 prefabricats estan preparats per una potència màxima de 277 kW, per tant, és necessari sol·licitar un mòdul de proteccions personalitzat preparat per a la potència màxima contractada, que és de 544 kW.

11.7. Quadre general de proteccions

El quadre de general de protecció anirà situat al costat del mòdul de proteccions TMF-10, a l'interior de caixes de protecció amb suficient grau de protecció IP. La seva funció és unificar les línies de corrent altern provinents del quadre de proteccions FV i del quadre de proteccions VE.

La sortida del quadre disposarà d'un embarrat de coure amb capacitat per una entrada de cablejat de 240 mm² (línia FV), tres de 185 mm² (línia VE, és triplicada segons càlculs) i cinc de 25 mm² (previsió línies futures). Aquest embarrat té la finalitat de connectar les línies que van al quadre de proteccions FV, al quadre de proteccions VE i les línies previstes per alimentar les futures instal·lacions de supermercat, bar i àrea de descans, entre d'altres. L'entrada al quadre, provinent de la TMF-10, ha de tenir capacitat per tres entrades, ja que és una línia triplicada de 185 mm² (derivació individual, és triplicada segons càlculs).

En aquest quadre es disposarà de protecció contra sobretensions, que es realitza mitjançant un descarregador de sobretensions permanents i transitòries, apte per a corrent altern i per als valors de tensió als quals treballen les diferents instal·lacions, que és de 400 V.

Els descarregadors de sobretensions transitòries s'han dissenyat per reduir l'energia provocada per una tensió comparable a la produïda per la descàrrega d'un llamp. Aquests elements han passat amb èxit les proves estàndard amb l'ona de 8/20 µs (test Tipus 2/Classe II fins 40 kA).

Els descarregadors de sobretensions permanents han de complir la norma UNE EN 50550, en la qual es defineix la corba de dispar progressiva Tensió/Temps en funció de la magnitud de la sobretensió que es produeix en la línia. Les característiques principals de la protecció contra sobretensions es mostren a continuació:

Protector de sobretensions transitòries i permanents (SPD + POP)	
Nº de pols	4P (3P+N)
Tensió nominal (Un L-N)	230 V
Tensió màxima de servei (Uc L-N)	> 275 V
Intensitat màxima (Imàx)	15 kA
Poder de tall (PdT)	6 kA
Tensió màxima (Up)	< 1,5 kV

Taula 11.6: Característiques del limitador de sobretensions [Font: Elaboració Pròpia]

La protecció sobretensions actuarà sobre l'interruptor general automàtic (IGA) de les instal·lacions, que també s'instal·la en aquest quadre, i és un interruptor automàtic de caixa emmotllada, tetrapolar, intensitat nominal 1.000 A i poder de tall de 50 kA.

Aquest interruptor general té la finalitat de poder tallar totes les instal·lacions en cas de curtcircuit o excés de potència.

En aquest quadre també s'instal·len interruptors magnetotèrmics encarregats de protegir les línies elèctriques que es dirigeixen al quadre de proteccions VE i al quadre de proteccions FV contra sobrecàrregues i curtcircuits. Les característiques dels interruptors magnetotèrmics utilitzats en aquest quadre de proteccions es mostren a continuació:

Interruptor magnetotèrmic línia FV	
Tensió nominal (Un)	400 V (AC)
Intensitat nominal (In)	400 A
Poder de tall (PdT)	36 kA
Temps de vida	>20.000 actuacions

Taula 11.7: Característiques de l'interruptor magnetotèrmic de la línia FV [Font: Elaboració Pròpia]

Interruptor magnetotèrmic línia VE	
Tensió nominal (Un)	400 V (AC)
Intensitat nominal (In)	800 A
Poder de tall (PdT)	36 kA
Temps de vida	>20.000 actuacions

Taula 11.8: Característiques de l'interruptor magnetotèrmic de la línia VE [Font: Elaboració Pròpia]

En aquest quadre també hi va instal·lats un interruptor diferencial per la línia del quadre de proteccions FV i un interruptor diferencial de per la línia del quadre de proteccions VE. D'aquesta forma, per qualsevol defecte en una de les dos línies elèctriques, l'altra pot seguir funcionant amb normalitat. Les característiques d'aquests interruptors diferencials són les següents:

Interruptor relé diferencial línia FV	
Intensitat nominal (In)	400 A
Sensibilitat	1.000 mA
Temps de vida	>20.000 actuacions

Taula 11.9: Característiques de l'interruptor relé diferencial de la línia FV [Font: Elaboració Pròpia]

Interruptor relé diferencial línia VE	
Intensitat nominal (In)	800 A
Sensibilitat	1.000 mA
Temps de vida	>20.000 actuacions

Taula 11.10: Característiques de l'interruptor relé diferencial de la línia VE [Font: Elaboració Pròpia]

Els càlculs realitzats per a justificar les característiques tècniques de les proteccions escollides es troben a l'apartat 1.5 de l'Annex.

11.8. Altres quadres elèctrics

11.8.1. Quadre de protecció FV

Aquest quadre, situat al costat dels inversors de la instal·lació fotovoltaica té en el seu interior dos interruptors magnetotèrmics i dos interruptors diferencials, que tenen la finalitat de protegir les línies de cadascun dels inversors. Aquests interruptors són iguals degut a que els dos inversors tenen la mateixa potència nominal i tenen les característiques que es mostren a continuació:

Interruptor magnetotèrmic inversors	
Tensió nominal (Un)	400 V (AC)
Intensitat nominal (In)	160 A
Poder de tall (PdT)	16 kA
Temps de vida	>20.000 actuacions

Taula 11.11: Característiques de l'interruptor magnetotèrmic inversors [Font: Elaboració Pròpia]

Interruptor relé diferencial inversors	
Intensitat nominal (In)	160 A
Sensibilitat	500 mA
Temps de vida	>20.000 actuacions

Taula 11.12: Característiques de l'interruptor relé diferencial dels inversors [Font: Elaboració Pròpia]

La protecció contra sobretensions permanents i transitòries d'aquestes línies ja va incorporada dins els propis inversors instal·lats.

Per últim, dins del quadre de proteccions FV també és necessari instal·lar un interruptor seccionador de 400A.

Els càlculs realitzats per a justificar les característiques tècniques de les proteccions escollides es troben a l'apartat 1.5 de l'Annex.

11.8.2. Quadre de protecció VE

Aquest quadre, situat al costat dels punts de càrrega dels vehicles elèctrics, té en el seu interior cinc interruptors magnetotèrmics i cinc interruptors diferencials, amb l'objectiu de protegir les línies de cadascun dels punts de càrrega per separat.

A continuació es mostren les característiques d'aquestes proteccions segons la potència del punt de càrrega que han de protegir

Interruptors magnetotèrmics dels punts de càrrega			
Potència del punt de càrrega	2x22 kW	2x50 kW	2x100 kW
Tensió nominal (Un)	400 V	400 V	400 V
Intensitat nominal (In)	80 A	160 A	400 A
Poder de tal (PdT)	10 kA	16 kA	36 kA
Temps de vida	>20.000 actuacions	>20.000 actuacions	>20.000 actuacions

Taula 11.13: Característiques interruptors magnetotèrmics punts de càrrega [Font: Elaboració Pròpia]

Interruptors relé diferencial dels punts de càrrega			
Potència del punt de càrrega	2x22 kW	2x50 kW	2x100 kW
Intensitat nominal (In)	80 A	160 A	400 A
Sensibilitat	300 mA	500 mA	1.000 mA
Temps de vida	>20.000 actuacions	>20.000 actuacions	>20.000 actuacions

Taula 11.14: Característiques interruptors relé diferencial punts de càrrega [Font: Elaboració Pròpia]

Per últim, dins del quadre de proteccions VE també és necessari instal·lar un interruptor magnetotèrmic de 800 A i poder de tall 36 kA que protegeix el conjunt de tots els punts de càrrega.

Els càlculs realitzats per a justificar les característiques tècniques de les proteccions escollides es troben a l'apartat 1.5 de l'Annex.

11.9.Xarxa de distribució de corrent alterna

La xarxa de distribució comprèn tots els conductors que transportin l'energia elèctrica en corrent alterna, és a dir, el cablejat des dels inversors i dels punts de càrrega fins al mòdul de proteccions TMF-10.

Aquest cablejat serà d'alta seguretat, lliure d'halògens, no propagador de flama i amb baixa emissió de gasos corrosius. El conductor serà flexible de coure, resistent a les temperatures extremes (-20°C a 90°C) i de tensió nominal 0,6/1 kV CA. Tots els conductors hauran d'estar protegits, al llarg del seu recorregut, sota tub o canal aïllant.

Els valors de la secció dels cables en cada tram es troben als esquemes elèctrics a l'apartat 2 de l'Annex i els càlculs realitzats per a justificar la secció del cablejat a utilitzar en cada tram es troben a l'apartat 1.5 de l'Annex.

11.10. Presa de terra

Les preses de terra s'estableixen principalment amb la finalitat de limitar la tensió que puguin presentar en un moment donat les masses metàl·liques, assegurar l'actuació de les proteccions i eliminar o reduir el risc que suposa una avaria en els materials elèctrics utilitzats. La presa de terra és la unió elèctrica directa, sense fusibles ni protecció, del circuit elèctric amb un conductor no pertanyent al mateix, mitjançant una presa de terra amb un elèctrode o grup d'elèctrodes enterrats.

Mitjançant la instal·lació de la presa de terra s'ha d'aconseguir que en el conjunt d'instal·lacions properes del terreny no apareguin diferències de potencial perilloses i que, al mateix temps, permetin el pas a terra de les corrents de defecte o les de descàrregues d'origen atmosfèric. L'elecció i instal·lació dels materials que assegurin la presa de terra han de ser tal que:

- El valor de la resistència de presa de terra estigui conforme a les normes de protecció i de funcionament de la instal·lació i es mantingui d'aquesta manera al llarg del temps.
- Les corrents de defecte a terra i les corrents de fuga puguin circular sense perill, particularment des del punt de vista de diferents condicions tèrmiques, mecàniques i elèctriques.
- La solidesa o la protecció mecànica quedi assegurada amb independència de les condicions d'influències externes.
- Contemplin els possibles riscos deguts a electròlisi que puguin afectar a altres parts metàl·liques.

Tots els mòduls es connectaran entre si mitjançant cable de terra de manera que garanteixi l'equipotencialitat i la correcta protecció contra contactes indirectes.

Al ser una instal·lació elèctrica nova, és necessari crear una presa de terra on connectar tots els elements de la instal·lació elèctrica que ha de tenir les característiques que s'especifiquen en els apartats següents:

11.10.1.Unions a terra

Presa de terra

Per la presa de terra es poden utilitzar elèctrodes formats per:

- Barres, tubs.
- Platines, conductors nus.
- Plaques.

- Anells o malles metàl·liques constituïdes pels elements anteriors o les seves combinacions.
- Armadures de formigó enterrades, amb excepció de les armadures pretensades.
- Altres estructures enterrades que es demostrï que són apropiades.

Els conductors de coure utilitzats com a elèctrodes seran de construcció i resistència elèctrica segons la classe 2 de la norma UNE 21.022. Els tipus i profunditat de les preses de terra han de ser tal que la possible pèrdua d'humitat del terra, la presència del gel o altres efectes climàtics, no augmentin la resistència de la presa de terra per sobre del valor previst. La profunditat mai serà inferior a 0,50 metres.

Conductors de terra

La secció no serà inferior a la mínima exigida per els conductors de protecció. Com a conductors de protecció es poden utilitzar:

- Conductors als cables multiconductors
- Conductors aïllats que posseeixin un embolcall comú amb els conductors actius
- Conductors separats aïllats

Els conductors de protecció tindran una secció mínima igual a la fixada a la taula següent:

Secció conductor fase (mm ²)	Secció conductor protecció (mm ²)
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

Taula 11.15: Secció mínima dels conductors de protecció [Font: Elaboració Pròpia]

11.10.2. Conductors d'equipotencialitat

El conductor principal d'equipotencialitat haurà de tenir una secció no inferior a la meitat de la del conductor de protecció de secció major de la instal·lació, amb un mínim de 6 mm². La seva secció pot ser reduïda a 2,5 mm² si és de coure.

La unió d'equipotencialitat suplementària pot estar assegurada, o bé per elements conductors no desmontables, tal com estructures metàl·liques no desmontables, o bé per conductors suplementaris, o per combinació dels dos.

11.10.3. Resistència de les preses de terra

El valor de resistència de terra serà tal que qualsevol massa no pugui donar lloc a tensions de contacte superiors a 24 V.

La resistència d'un elèctrode depèn de les seves dimensions, de la seva forma i de la resistivitat del terreny en el qual s'estableix. Aquesta resistivitat varia freqüentment d'un punt a un altre del terreny, i varia també amb la profunditat.

11.11. Obra civil

Per a poder realitzar la construcció de totes les instal·lacions, és necessari realitzar una sèrie de treballs previs d'obra civil que s'expliquen breument a continuació.

Com a condicionament del terreny, és necessari realitzar una esbrossada i neteja del terreny per treure totes les restes d'herba o vegetals que hi hagi al terreny. Després, cal realitzar una estesa i perfilat de terres per tal de que el terreny quedi més o menys uniforme i, finalment, es realitza una compactació i anivellament de l'esplanada. Amb aquestes actuacions prèvies ja es pot començar la construcció de les instal·lacions.

Per altra banda, també és necessari realitzar una sèrie de rases pel cablejat, una sabata de formigó que serveixi de base dels punts de recàrrega i de la pèrgola i una sabata de formigó que serveixi de base de la TMF-10 i del petit edifici on ubicar el quadre general de proteccions i diversos elements de la instal·lació fotovoltaica.

Pel que fa a les rases, és necessari l'ús d'una retrocargadora per realitzar rases de 0,6 metres de profunditat i 0,4 metres d'amplada. Seguidament, és necessari passar-hi una sèrie de tubs corrugats per on hi transcorrerà el cablejat i formigonar la rasa amb l'ús d'un camió cisterna fins a cobrir els tubs. Finalment, es cobreix la rasa amb terra.

Pel que fa a les sabates, és necessari l'ús d'una retrocargadora per a realitzar les sabates de 0,6 metres de profunditat i llavors és necessari formigonar les sabates utilitzant un camió cisterna. En les sabates construïdes, és necessari instal·lar els punts de càrrega i la pèrgola en una de les sabates i l'edifici per protegir quadres elèctrics en l'altra.

Per acabar, també es considera necessari realitzar un tancat a la parcel·la per evitar actes vandàlics durant el transcurs de les obres i també s'ha decidit instal·lar un tancat fixa a la instal·lació fotovoltaica per evitar l'accés a la zona de persones no autoritzades.

Finalment, també s'ha de tenir en compte el transport de residus, tant vegetals com terres, i el pagament del corresponent cànon per l'abocament dels mateixos.

12. Viabilitat econòmica

Amb l'objectiu de determinar si el projecte descrit anteriorment és viable econòmicament, és necessari determinar el cost d'execució del mateix, els costos anuals d'operació i manteniment i els ingressos anuals previstos. Seguidament, es calcula la rendibilitat i el període de retorn de la inversió per a determinar la viabilitat econòmica del projecte.

A l'apartat 3 de l'Annex es troben el pressupost i amidaments del projecte, on es pot observar que el pressupost d'execució del projecte és de 389.094,17 €, IVA inclòs.

12.1. Estimació de costos

Els costos principals de l'electrolinera es deuen al consum d'energia de la xarxa elèctrica per garantir el subministrament d'electricitat a l'estació de càrrega. Tot i això, també es considera necessari tenir en compte uns costos de d'operació i manteniment de les instal·lacions.

En primer lloc, pel que fa als costos de la factura elèctrica, a l'apartat 1.3 de l'Annex es mostra la simulació de la facturació elèctrica de l'electrolinera amb i sense instal·lació fotovoltaica del mes de Juliol on es pot veure el procés a seguir per calcular els costos de la factura elèctrica.

A continuació, es mostra els càlculs realitzats pel càlcul del cost anual de la factura elèctrica, tenint en compte el consum d'energia a cada període i a cada mes de l'any i la potència contractada a cada període, sense tenir en compte la instal·lació fotovoltaica:

TERME D'ENERGIA

65.257,83 €

P1:	95.663,3	kWh x	0,101695	€/kWh =	9.728,48 €
P2:	119.595,1	kWh x	0,090132	€/kWh =	10.779,35 €
P3:	114.865,8	kWh x	0,074188	€/kWh =	8.521,67 €
P4:	122.984,2	kWh x	0,067977	€/kWh =	8.360,10 €
P5:	51.245,0	kWh x	0,063544	€/kWh =	3.256,31 €
P6:	418.037,0	kWh x	0,058875	€/kWh =	24.611,93 €

Cost Mig Terme Energia [€/kWh]

0,070749

FACTURACIÓ POTÈNCIA**52.779,75 €**

P1:	494,00	kW x	39,139315	€/kW =	19.334,82	€
P2:	494,00	kW x	19,58663	€/kW =	9.675,80	€
P3:	494,00	kW x	14,33428	€/kW =	7.081,13	€
P4:	422,00	kW x	14,33428	€/kW =	6.049,07	€
P5:	494,00	kW x	14,33428	€/kW =	7.081,13	€
P6:	544,00	kW x	6,54007	€/kW =	3.557,80	€

Cost Mig Terme Potencia [€/kW i any]17,940092

IMPOST ELECTRICITAT	5,11%	sobre	118.037,58 €	6.034,08 €
IVA	21,00%	sobre	124.071,67 €	26.055,05 €

150.126,72 €

En els càlculs mostrats, es pot observar que el cost anual de la factura elèctrica, sense tenir en compte la instal·lació fotovoltaica, ascendeix a 150.126,72 € al primer any.

Per altra banda, per tal d'estimar els costos anuals d'operació i manteniment, es considera que el valor d'aquests serà de l'ordre del 5% respecte el pressupost d'execució del projecte, de forma aproximada. D'aquesta manera, amb el valor del pressupost mencionat anteriorment, es pot considerar que els costos anuals d'execució i manteniment són de 19.454,71 € al primer any.

Així, s'ha obtingut que els costos totals de l'electrolinera al primer any són de 169.581,42 €.

12.2. Estimació d'ingressos

Els ingressos previstos del projecte provenen de dos aspectes diferents: per una banda, una part dels ingressos s'obtenen a partir del preu que paguen els usuaris per a la recàrrega del seu vehicle elèctric i, per altra banda, es considera com a ingrés l'estalvi d'energia elèctrica gràcies a la instal·lació solar fotovoltaica.

Pel que fa als ingressos per la recàrrega dels vehicles, és necessari definir el preu que han de pagar els clients per la recàrrega del seu vehicle. La plataforma *Electromaps* ofereix la possibilitat de oferir tres tipus de pagament; segons l'energia consumida (€/kWh), segons el temps d'ús del punt de càrrega (€/min) o cobrar un import fix cada cop que s'utilitza un punt de càrrega (€).

Després d'analitzar les diferents opcions de pagament, s'ha decidit que es realitzarà el pagament segons energia consumida, d'aquesta manera cada vehicle pagarà un import segons la quantitat d'energia que hagi utilitzat. Aquest mètode és el més recomanat per la plataforma de gestió dels punts de càrrega i també es considera que és més equitatiu.

A part, es decideix que cada punt de càrrega tindrà un cost diferent segons la potència del mateix, ja que es considera coherent que la gent que utilitza un punt de càrrega de 22 kW no pot pagar el mateix que un que utilitza un punt de càrrega de 100 kW, ja que en la primera opció haurà d'invertir més temps en la recàrrega del seu vehicle.

Després de realitzar una recerca d'informació sobre els diferents preus de recàrrega de vehicles en diferents estacions de càrrega públiques, s'ha decidit que els preus de l'electrolinera són els següents:

Tipus punt de càrrega	Cost de la càrrega
Punt semi ràpid (22 kW)	0,11 €/kWh
Punt ràpid (50 kW)	0,20 €/kWh
Punt ultra ràpid (100 kW)	0,32 €/kWh

Taula 12.1: Preus de la recàrrega del vehicle en €/kWh [Font: Elaboració pròpia]

A partir d'aquests preus definits i del consum d'energia de l'electrolinera es poden calcular els ingressos previstos.

A la *Taula 1.10* de l'apartat 1.2 de l'Annex, es mostra el consum de l'electrolinera del mes de gener separat en vehicles lleugers i en vehicles pesants. Sumant aquests dos valors de la totalitat dels mesos s'obté que al llarg de l'any, els vehicles lleugers han consumit 674,52 MWh i que els vehicles pesants han consumit 240,90 MWh.

Seguidament, es tenen en compte les hipòtesis mencionades en l'apartat 9 de la present memòria, on es menciona el següent:

- Pel que fa als vehicles lleugers, es suposa que un 20% utilitza un punt de càrrega semi ràpid (22 kW), que un 60% utilitza un punt de càrrega ràpid (50 kW) i que un 20% utilitza un punt de càrrega ultra ràpid (100 kW).
- Pel que fa als vehicles pesants, es suposa que un 50% utilitza un punt de càrrega ràpid (50 kW) i que un 50% utilitza un punt de càrrega ultra ràpid (100 kW).

A partir de les hipòtesis mencionades, els valors de consum dels vehicles lleugers i pesants i els preus establerts es poden calcular els ingressos obtinguts per la càrrega de vehicles elèctrics, tal com es mostra a continuació:

Tipus punt de càrrega	Consum d'energia [kWh]	Ingressos previstos [€]
Punt semi ràpid (22 kW)	134.904 kWh	14.839,44 €
Punt ràpid (50 kW)	525.162 kWh	105.032,40 €
Punt ultra ràpid (100 kW)	255.354 kWh	81.713,28 €
TOTAL	915.420 kWh	201.585,12 €

Taula 12.2: Ingressos i consum d'energia de cada tipus de punt de càrrega [Font: Elaboració Pròpia]

Per altra banda, també cal tenir en compte els ingressos produïts per la instal·lació solar fotovoltaica. Aquests ingressos es calculen segons la energia elèctrica que és necessari deixar de comprar a la xarxa ja que la produeix la instal·lació fotovoltaica.

Tal com es pot veure a la *Taula 10.3* de l'apartat 10 de la present memòria, l'estalvi en la factura elèctrica produït per la instal·lació fotovoltaica és de 31.202,69 € al primer any.

D'aquesta manera, s'ha obtingut que els ingressos totals obtinguts a l'electrolinera al primer any són de 232.787,81 €.

12.3. Rendibilitat de la inversió

Un cop determinats els costos anuals d'operació i manteniment, els ingressos anuals i la inversió inicial a realitzar; s'ha avaluat el VAN, el TIR i el període de retorn per tal de determinar la rendibilitat de la inversió.

Com a pas previ per a determinar la viabilitat de la inversió, és necessari calcular l'evolució del flux de caixa. Per a determinar els ingressos i els costos, al primer any s'ha utilitzat els valors mencionats anteriorment i, en els següents anys, s'ha utilitzat les hipòtesis que es mostren a continuació:

- Es considera que els panells fotovoltaics tenen una pèrdua de rendiment anual del 0,7%, per tant, els ingressos degut a la producció fotovoltaica es veuen afectats per aquesta pèrdua de rendiment.
- Es considera que l'IPC anual és del 1%, per tant, els ingressos degut a la recàrrega de vehicles elèctric incrementen aquest percentatge anualment. Els costos anuals d'operació i manteniment també augmenten en aquest percentatge
- Es considera que l'IPC elèctric anual és del 2%, per tant, els ingressos per estalvi d'energia augmenten aquest 2%, però també ho fan els costos de la factura elèctrica en el mateix percentatge.

A continuació es mostra l'evolució del flux de caixa obtingut:

Any	Ingressos tots anuals [€]	Costos totals anuals [€]	FLUX DE CAIXA [€]	FLUX DE CAIXA ACUMULAT [€]
0			-389.094,17 €	-389.094,17 €
1	232.787,81 €	169.581,42 €	63.206,39 €	-325.887,78 €
2	235.781,46 €	172.973,05 €	62.808,41 €	-263.079,38 €
3	238.813,61 €	176.432,51 €	62.381,10 €	-200.698,28 €
4	241.884,75 €	179.961,16 €	61.923,59 €	-138.774,69 €
5	244.995,39 €	183.560,39 €	61.435,00 €	-77.339,69 €
6	248.146,03 €	187.231,59 €	60.914,44 €	-16.425,25 €
7	251.337,19 €	190.976,23 €	60.360,96 €	43.935,71 €
8	254.569,39 €	194.795,75 €	59.773,64 €	103.709,35 €
9	257.843,15 €	198.691,67 €	59.151,48 €	162.860,83 €
10	261.159,01 €	202.665,50 €	58.493,51 €	221.354,34 €

Taula 12.3: Evolució del flux de caixa durant els següents 10 anys [Font: Elaboració Pròpia]

Tal com es pot observar al flux de caixa anterior, l'horitzó escollit per a realitzar els càlculs de rendibilitat és a 10 anys, ja que les instal·lacions han estat dissenyades per la demanda de l'any 2030, i l'objectiu és que la inversió sigui rendible abans d'aquest horitzó.

12.3.1. Càlcul del VAN

El Valor Actual Net (VAN) és un dels indicadors financers més utilitzats per valorar i determinar la viabilitat i la rendibilitat d'una inversió. La metodologia consisteix en descomptar del moment actual tots els fluxos de caixa futurs del projecte, actualitzant-los a través d'una taxa. Aquesta taxa s'ha estimat tenint en compte el valor de l'Índex de Preus de Consum Harmonitzat (IPCA) de l'any 2019, del 0,78%. [47]

A aquest valor es resta la inversió inicial, de tal manera que el resultat obtingut és el valor actual net del projecte. L'expressió utilitzada pel càlcul del VAN és la següent:

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

On:

- F_t : valor del flux de caixa a l'any t
- I_0 : inversió inicial del projecte
- n : horitzó de la inversió, en aquest cas de 10 anys
- k : valor del tipus d'interès basat en l'IPCA, que pren el valor del 0,78%

Un cop aplicada aquesta expressió anterior, el signe del resultat ajuda a determinar la rendibilitat econòmica de la inversió:

- $VAN > 0$: la inversió genera beneficis per sobre la rendibilitat exigida (k), per tant, la inversió sembla rendible.
- $VAN < 0$: la inversió produeix pèrdues per sota de la rendibilitat exigida (k), per tant, la inversió no és rendible
- $VAN = 0$: la inversió no produeix ni beneficis ni pèrdues, per determinar la rendibilitat de la inversió s'hauria d'utilitzar altres criteris

Un cop realitzat aquest càlcul amb els valors del flux de caixa mostrat a la *Taula 12.3* i els valors d'horitzó de la inversió de 10 anys i tipus d'interès del 0,78%, s'ha determinat que el VAN de la inversió és de 179.199,53 €.

12.3.2. Càlcul del TIR

La taxa interna de retorn (TIR) és la mitjana geomètrica dels rendiments futurs de la inversió i és un càlcul útil per determinar la rendibilitat del projecte. La metodologia consisteix en aplicar la mateixa expressió que per calcular el valor del VAN, però en aquest cas s'igualava el valor del VAN a zero i la incògnita és la taxa d'interès k . A continuació es mostra l'expressió resultant:

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

El valor obtingut del TIR ajuda a determinar la rendibilitat de la inversió, ja que si aquest valor és superior a la taxa mencionada del 0,78%, el projecte sembla viable econòmicament.

Un cop realitzat aquest càlcul, amb les mateixes hipòtesis que en el càlcul del VAN i amb els valors de flux de caixa mostrats a la *Taula 12.3*, s'ha determinat que el TIR de la inversió és del 8,71 %.

12.3.3. Càlcul del període de retorn

Per últim, també es decideix calcular el període de retorn per saber el temps necessari per recuperar la inversió inicial. Per tal de calcular-lo, es busca l'instant exacte en què el flux de caixa mostrat a la *Taula 12.3* pren valor zero.

Després de realitzar els càlculs oportuns per determinar aquest instant exacte, s'ha obtingut que el valor del període de retorn d'aquest projecte és de 6,38 anys (6 anys i 5 mesos, aproximadament).

13. CRONOGRAMA

Amb l'objectiu de definir la durada dels treballs per a l'execució del projecte es decideix elaborar un cronograma, on consten totes les tasques que s'han de portar a terme, la durada de les mateixes i si requereixen d'elaboració d'una tasca prèvia, entre d'altres.

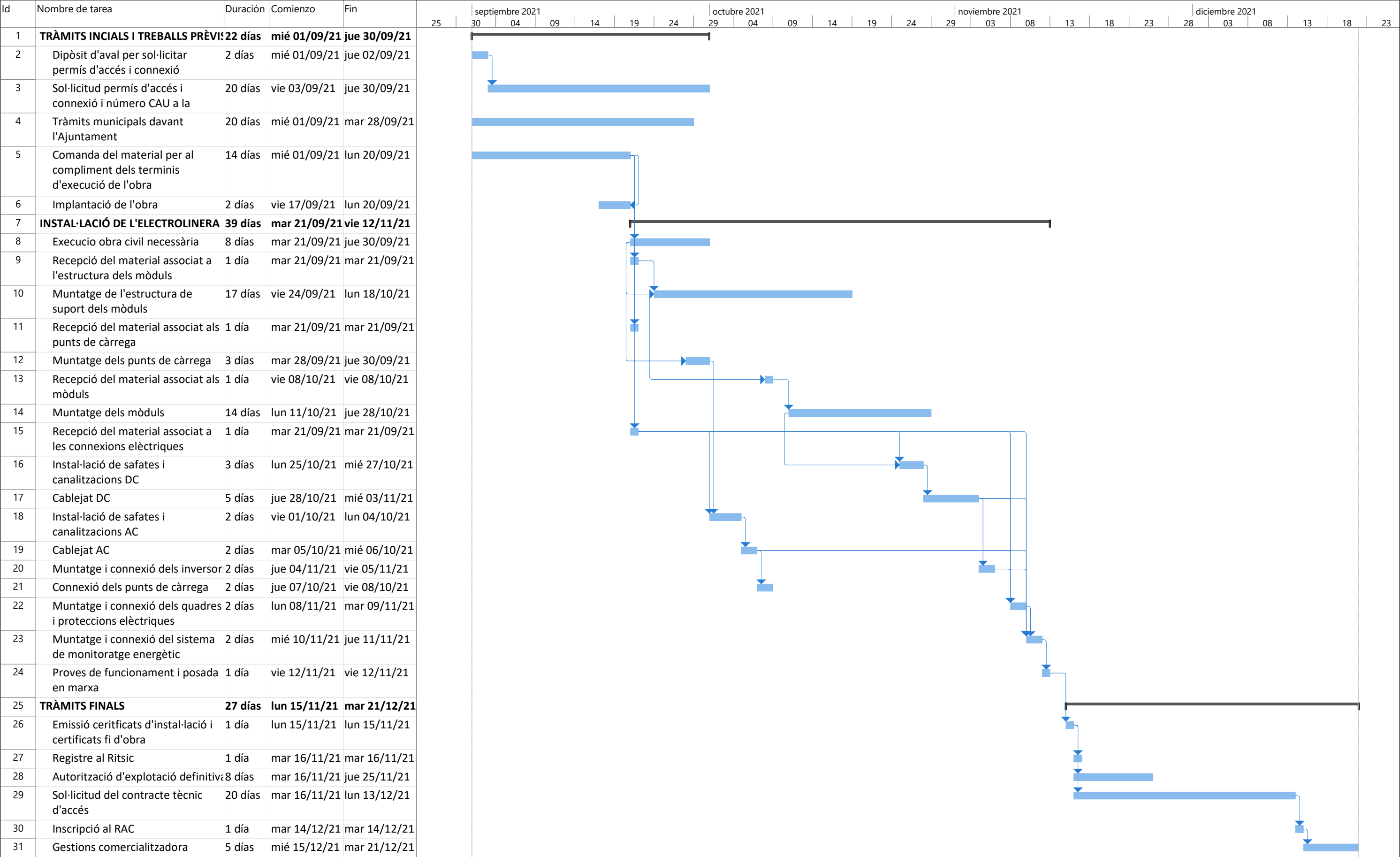
Una de les hipòtesis utilitzades és que la data d'inici d'execució del projecte és el dia 1 de setembre del present any. Aquesta data és orientativa i té la finalitat de fixar un inici del projecte.

S'ha decidit dividir les tasques en tres capítols principals:

- Tràmits inicials i treballs previs: en aquest capítol es consideren les tasques prèvies a l'execució del projecte com el tràmit del permís d'obres amb l'ajuntament, la comanda de material o la sol·licitud del punt de connexió.
- Instal·lació de l'electrolinera i fotovoltaica: en aquest capítol es concentra el gruix de les obres, des de que es comença l'obra civil, incloent la instal·lació de tots els components elèctrics fins que la instal·lació s'ha posat en marxa i s'ha assegurat el seu correcte funcionament.
- Tràmit finals: aquest capítol engloba les tasques a realitzar un cop el projecte s'ha executat, com per exemple la seva legalització, les gestions corresponents amb la companyia comercialitzadora o l'emissió dels certificats de final d'obra.

Seguidament, s'ha assignat una durada aproximada a totes les tasques i s'ha afegit les restriccions que s'han considerat necessàries. S'ha obtingut que la durada d'execució del projecte és lleugerament inferior als 4 mesos, concretament, la durada del projecte és de 3 mesos i 21 dies.

A continuació es pot observar el diagrama de Gantt elaborat.



Conclusions

Com s'ha descrit a l'apartat 1.1 de la present memòria, l'objectiu principal d'aquest projecte és crear una eina d'optimització pel dimensionament d'una electrolinera i una instal·lació fotovoltaica i, a partir dels resultats obtinguts en una ubicació fixada, realitzar el disseny d'aquest projecte.

El primer pas per l'elaboració d'aquest projecte passa per un estudi d'antecedents, on es busca a nivell estatal i europeu projectes similars al que es vol realitzar i les característiques d'aquests. També és important realitzar un estudi de mercat de les dos principals tecnologies a utilitzar, el vehicle elèctric i l'energia solar fotovoltaica, per saber l'estat actual d'aquestes tecnologies i l'evolució prevista.

En segon lloc, es va realitzar una recerca de la normativa aplicable al projecte, per tal de que el disseny del projecte compleixi amb tota la normativa vigent. Per altra banda, també es va escollir una ubicació en la qual es vol dimensionar l'electrolinera i la instal·lació fotovoltaica.

Seguidament es va procedir a un anàlisi d'alternatives per saber les diferents opcions de disseny de l'estació de càrrega. En aquest apartat apareixen dos parts: primer s'analitza les diferents característiques d'una recàrrega d'un vehicle elèctric (tipus de càrrega, els tipus de carregadors i el mode de càrrega) i en segon lloc s'analitza els diferents tipus d'instal·lacions fotovoltaïques (autoconsum, aïllades de la xarxa elèctrica i connectades a la xarxa elèctrica).

A partir d'aquest anàlisi d'alternatives, es va decidir les principals hipòtesis de funcionament de l'electrolinera. Amb l'objectiu de realitzar una primera selecció, es va descartar les alternatives menys viables i s'explica com es gestionaria la càrrega dels vehicles i el cobrament dels serveis.

En tercer lloc, es realitza un anàlisi de les dades de circulació de vehicles de la ubicació escollida i es fixen una sèrie de coeficients per estimar la demanda de vehicles elèctrics de l'electrolinera a l'any 2030 a partir de les dades de circulació de vehicles de l'any 2019.

Un cop obtinguda la demanda, s'explica el funcionament de l'eina de càlcul realitzada, tant pel dimensionament de l'electrolinera com de la instal·lació fotovoltaica. En aquests apartats s'explica les dades de partida de l'eina d'optimització, les hipòtesis utilitzades, els càlculs realitzats i els valors obtinguts com a resultat.

A partir dels resultats obtinguts, es procedeix a realitzar el disseny i descripció de la instal·lació elèctrica necessària per a executar aquest projecte, definint de manera clara les principals característiques dels elements a instal·lar, tant de l'electrolinera com de la instal·lació fotovoltaica.

Un cop realitzat el disseny, s'elabora el pressupost d'execució del projecte i s'estima els costos anuals degut a la factura elèctrica i l'operació i manteniment de les instal·lacions i s'estima els ingressos obtinguts amb la recàrrega de vehicles i l'estalvi obtingut en la factura elèctrica gràcies a la instal·lació fotovoltaica. A partir del pressupost, els ingressos i els costos es realitza un estudi econòmic per veure si el projecte és viable des d'aquest punt de vista.

Per últim, es realitza un cronograma amb totes les tasques principals del projecte i es calcula la el temps necessari per a executar-lo.

Un cop acabat el projecte, s'ha demostrat que l'eina d'optimització pel dimensionament de l'electrolinera i la instal·lació fotovoltaica aporta resultats coherents i s'ha realitzat un disseny acurat de les instal·lacions a partir d'aquests resultats. Per tant, s'ha complert l'objectiu principal del projecte.

A més, segons l'estudi de viabilitat econòmica, si s'executa el projecte descrit, aquest és rentable amb un període de retorn inferior als 7 anys. Encara que no suposa una font revolucionària d'ingressos, aquest no és l'objectiu principal del projecte.

Per últim però no menys important, el projecte aporta una solució al previsible problema futur d'escassetat de punts de càrrega, tal com s'ha vist a l'estudi de mercat, i suposa un projecte interessant per potenciar l'ús del vehicle elèctric, reduir les emissions de CO₂ i reduir l'ús de combustibles fòssils.

A continuació es citen dos punts que, un cop finalitzat el projecte, es considera que poden ser d'interès per a altres projectes futurs.

Es considera interessant la idea d'afegir un sistema d'emmagatzematge al projecte executat amb l'objectiu de construir una electrolinera autosuficient, que funcioni sense necessitat de la xarxa elèctrica i, per tant, una estació de càrrega verda amb zero emissions de CO₂.

Per altra banda, una altra opció seria analitzar la viabilitat de combinar diverses fonts d'energia renovable enlloc d'utilitzar únicament l'energia fotovoltaica, ja que segons la ubicació de l'electrolinera és possible que sigui més viable utilitzar alguna altra font d'energia renovable, com poden ser l'energia eòlica o l'energia hidroelèctrica, per exemple.

Agraïments

En primer lloc, volia agrair al director del treball, Arnau Altimiras Pujadas, per la seva ajuda, consell i aportació d'idees i recursos durant l'execució de tot el projecte.

En segon lloc, volia agrair al tutor del treball, Oriol Gomis Bellmunt, per la seva col·laboració, ja que m'ha guiat i resolt tots els dubtes que han sorgit durant el desenvolupament del projecte.

I per últim, m'agradaria agrair a la família, als amics i a la Berta pel seu suport i aportació d'idees durant el desenvolupament del projecte.

Bibliografia

- [1] Híbridos y Eléctricos, «Etecnic lanza un proyecto de estaciones de servicio para la recarga de coches eléctricos en España,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/etecnic-lanza-proyecto-estaciones-servicio-carga-rapida-coches-electricos-espana/20190408205549026866.html>.
- [2] Etecnic Energy & Mobility, «Ecolinera.com,» 2019. [En línea]. Available: <https://es-ecoliner.com/>.
- [3] Ecostation, «Ecostation.es,» 2020. [En línea]. Available: <https://ecostation.es/>.
- [4] Gridserve, «Electric Forecourt,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.gridserve.com/2020/12/06/gridserve-opens-uks-first-electric-forecourt/>.
- [5] I. Martín y Ladera, «Abre la primera estación de servicio exclusiva para coches eléctricos alimentada por energía solar,» 2020. [En línea]. Available: <https://forococheselectricos.com/2020/12/abre-la-primera-estacion-de-servicio-coches-electricos-alimentada-por-energia-solar-video.html>.
- [6] Esmartcity.es, «Las estaciones de carga que encontraremos en el futuro en las carreteras: ultrarrápidas, con energía solar y zona de ocio,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.esmartcity.es/2019/04/17/estaciones-carga-futuro-carreteras-ultrarrapidas-energia-limpia-zona-ocio>.
- [7] M. Ashtine, R. Koon Koon, D. Grant i A. Maharaj, «Advancing the Caribbean Energy Landscape - A Comprehensive Review of the State of Electric Vehicles and Storage Systems,» 2018.
- [8] Híbridos y Eléctricos, «Informe Bloomberg: para el año 2022 está programada la revolución del coche eléctrico,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/informe-bloomberg-ano-2022-programada-revolucion-coche-electrico/20160227102415011165.html>.
- [9] A. Ramos Ochoa, «España a la cola de Europa en vehículos eléctricos,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/a32893215/espana-a-la-cola-europa-vehiculos-electricos/>.
- [10] C. Sánchez Criado, «La cuota de mercado de vehículos eléctricos en enero ya es el 3,20% del total,» 2020. [En línea]. Available: <https://movilidadelectrica.com/ventas-vehiculos-electricos-enero/>.

- [11] J. López de Benito, «Europa necesitará 2,8 millones de puntos de recarga en 2030,» 2020. [En línea]. Available: <https://movilidadelectrica.com/mayor-despliegue-de-puntos-de-recarga/>.
- [12] Ovacen, «7 Gráficas para entender la evolución del coche eléctrico,» 2019. [En línea]. Available: <https://ovacen.com/evolucion-coche-electrico/>.
- [13] D. Gutiérrez, «Europa, y especialmente España, necesita aumentar su infraestructura de carga de coches eléctricos,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/europa-necesita-aumentar-infraestructura-carga-coches-electricos-espana-mas/20201028172142039461.html>.
- [14] A. Barrero, «(R)evolución en la energía renovable,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.lavanguardia.com/natural/20191207/472041300788/cumbre-clima-madrid-transicion-energetica-evolucion-energia-renovable.html>.
- [15] GFM Fotovoltaica, «España, El Quinto País Europeo En Potencia Fotovoltaica Instalada,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.gmfotovoltaica.com/espana-el-quinto-pais-europeo-en-potencia-fotovoltaica-instalada/>.
- [16] Ovacen, «12 Gráficas para entender la fotovoltaica en el mundo, Europa y España,» 2019. [En línea]. Available: <https://ovacen.com/evolucion-fotovoltaica/>.
- [17] J. Monforte, «España, a la cabeza en fotovoltaica en Europa en 2019 y sexta en todo el mundo,» 2020. [En línea]. Available: <https://energetica21.com/noticia/espana-a-la-cabeza-en-fotovoltaica-en-europa-en-2019-y-sexta-en-todo-el-mundo>.
- [18] A. Barrero, «2019, el mejor año de la historia para la energía fotovoltaica,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/2019-el-mejor-ano-de-la-historia-20200715>.
- [19] OMI, Polo Español S.A. (OMIE), «Operador del Mercado Ibérico de la Electricidad,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.omie.es/es/normativa-de-mercado/reales-decretos>.
- [20] Generalitat de Catalunya, «Gencat,» 2021. [En línea]. Available: http://empresa.gencat.cat/ca/treb_ambits_actuacio/energia-i-mines/recursos/normativa/produccio-energia-electrica/fotovoltaica/index.html.
- [21] Generalitat de catalunya, «Registre de Plantejament Urbanístic de Catalunya,» 2021. [En línea]. Available: <https://dtes.gencat.cat/rpucportal/inici/ca/index.html>.

- [22] B. Rodríguez, «Los diferentes tipos de recarga del vehículo eléctrico,» 2020. [En línea]. Available: <https://forococheselectricos.com/2020/01/los-diferentes-tipos-de-recarga-del-vehiculo-electrico.html>.
- [23] N. López i E. Trillo, «Así funciona una estación de carga de coches eléctricos,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.autobild.es/reportajes/asi-funciona-una-estacion-carga-coches-electricos-309193>.
- [24] M. Carbonell, «Tipos de conectores para recarga del coche eléctrico,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.hogarsense.es/energia-solar/tipos-conectores-recarga-coche-electrico>.
- [25] G. Campos, «Estos son los modos de recarga de los vehículos eléctricos,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.electromaps.com/articulo/modos-recarga-vehiculos-electricos>.
- [26] Enaltia Solar, «Plantas conectadas a red,» 2019. [En línea]. Available: <https://enaltiasolar.es/plantas-conectadas-a-red/>.
- [27] O. Planas, «Instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a la red eléctrica,» 2019. [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/instalacion-conectada-red>.
- [28] Aura Energía, «Cómo vender energía solar a la red,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.aura-energia.com/como-vender-energia-solar/>.
- [29] Solideo, «Requisitos para la instalación de autoconsumo de energía solar,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.solideo.es/requisitos-para-la-instalacion-de-autoconsumo-de-energia-solar/>.
- [30] Tecnosol, «Autoconsumo: funcionamiento y consejos,» 2019. [En línea]. Available: <https://tecnosolab.com/noticias/autoconsumo-funcionamiento-consejos/>.
- [31] A. Carrasco, «La compensación por excedentes de autoconsumo y la venta de energía a la red,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.otovo.es/blog/autoconsumo/compensacion-excedentes-autoconsumo/>.
- [32] Actitud Ecológica, «Instalación fotovoltaica aislada: qué es y para qué se utiliza,» 2019. [En línea]. Available: <https://actitudecologica.com/instalacion-solar-fotovoltaica-aislada/>.
- [33] Solarta Balear S.L., «Esquema de electrificación de fincas,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.solarta.com/es/instalaciones-energia-solar/solar-fotovoltaica/esquemas-sistemas-solar-fotovoltaica.php>.

- [34] Elon Energías Renovables, «Instalaciones fotovoltaicas aisladas,» 2021. [En línea]. Available: <https://elon.es/instalaciones-fotovoltaicas-aisladas/>.
- [35] P. Schwoerer, «ChargeMap vient de lancer son Pass de la recharge,» 2017. [En línea]. Available: <http://avem.fr/actualite-chargemap-vient-de-lancer-son-pass-de-la-recharge-6584.html>.
- [36] Chargemap, «Chargemap,» 2021. [En línea]. Available: <https://es.chargemap.com/>.
- [37] Electromaps, «Electromaps: Borderless Charging,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.electromaps.com/>.
- [38] IDAE, Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo, Madrid, 2020.
- [39] Generalitat de Catalunya, Pla d'Aforaments 2019, Barcelona, 2020.
- [40] Folsom Labs, «Helioscope: Advanced Solar Design Software,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.helioscope.com/>.
- [41] European Comission, «Photovoltaic Geographical Information System,» 2021. [En línea]. Available: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#PVP.
- [42] JA SOLAR Technology Co., «JA SOLAR: PV Solar products manufactures,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.jasolar.com.cn/html/en/>.
- [43] Huawei Technologies Co., «Huawei FusionSolar Smart PV Solution,» 2021. [En línea]. Available: <https://solar.huawei.com/eu>.
- [44] Ennova Renovables, «Ennova: tu propia energía,» 2021. [En línea]. Available: <https://ennovarenovables.com/>.
- [45] EVBox, «EVBox: Soluciones flexibles de carga para VE,» 2021. [En línea]. Available: <https://evbox.com/es-es/>.
- [46] Claved S.A.U., «Claved: envolventes, armarios y cajas aislantes de poliéster,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.claved.es/>.
- [47] Inflation.eu, «Inflación armonizada de España en 2019,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.inflation.eu/es/tasas-de-inflacion/espana/inflacion-historica/ipca-inflacion-espana-2019.aspx>.