Escola de Camins
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

PROJECTE O TESINA D'ESPECIALITAT

Títol

ANÀLISI ECONÒMICA DE LA IMPLANTACIÓ DE LA INFRAESTRUCTURA DE MOBILITAT ELÈCTRICA A CIUTATS. PLANTEJAMENT GENERAL I APLICACIÓ AL CAS DE BARCELONA.

CODI 708-TES-CA-6892

Autor/a

Domingo Rimada, Nuria

Tutor/a

López Rodríguez, Àngel

Josa García-Tornel, Alejandro

Departament

Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica (ETCG)

Intensificació

Mobilitat

Data

Octubre 2014

AGRAÏMENTS

Primer tot vull agrair, de manera destacada, a la Càtedra UPC-Endesa Red Victoriano Muñoz Oms per haver-me concedit una beca per al desenvolupament d'aquest treball.

Em cal reconèixer un agraïment especial als meus tutors, els professors Àngel López i Alejandro Josa, per la seva paciència, disposició, temps, esforç i voluntat amb que m'han guiat, ajudat, format i donat ànims en la investigació i redacció del present treball.

Agrair també a l'empresa EVECTRA per haver-me facilitat molta informació respecte el tema tractat.

Menciono, també, als meus amics i als companys de la carrera que m'han fet costat en la meva formació, i per tots els moment bons que hem viscut i seguirem vivint.

Per últim, i no menys important, a la meva família, i en especial en David, pel recolzament, suport i ajuda que m'han donat durant tot aquest temps i que, sense ells, no hagués aconseguit arribar fins aquí ni ser qui sóc.

A tots vosaltres, moltes gràcies,

Nuria.

Anàlisi econòmica de la implantació de la infraestructura de mobilitat elèctrica a ciutats. Plantejament general i aplicació al cas de Barcelona.

Autora: Domingo Rimada, Nuria
Tutors: López Rodríguez, Àngel; Josa García-Tornel, Alejandro
Paraules clau: gestor de recàrrega, vehicle elèctric, estratègia, infraestructura de recàrrega, model, càrrega lenta, càrrega ràpida

El model vigent de mobilitat i transport basat en vehicles de combustió interna sembla haver assolit el seu punt de canvi de tendència tant per motius de dependència i eficiència energètica com pels importants impactes ambientals associats al seu ús: partícules (PM10, PM5, PM2.5), NOx, gasos amb efecte d'hivernacle, etc. El vehicle elèctric sembla estar jugant un paper important en la mobilitat del futur. La possibilitat que obre el vehicle elèctric en la generació d'energia, a partir de fonts renovables (en funció del mix elèctric del país), dóna un valor afegit al potencial d'aquest en termes d'assolir un model de transport menys generador d'emissions de gasos i de reduir la nostra elevada dependència energètica del petroli. També suposa una oportunitat per a la indústria d'automoció i de les infraestructures de recàrrega i a més a més, una valuosa eina per optimitzar la gestió del sistema elèctric. Treballar per la implantació del vehicle elèctric, que ja va tenir un primer desenvolupament al segle XIX essent llavors desbancat pel vehicle de combustió, implica una transició cap a un nou model de mobilitat que probablement es farà efectiu només a llarg termini, i està mostrant que és sostenible tenint en compte els tres pilars d'aquest concepte (ambiental, social i econòmic).

Aquest treball se centra només en la vessant econòmica de la implantació de la mobilitat elèctrica. Queden a banda els factors mediambientals i socials que s'hauran d'analitzar basant-se en altres estudis de forma que en conjunt es tinguin en compte totes les vessants de la sostenibilitat. Per mitjà d'aquest treball es busca definir estratègies òptimes per a la implantació de la mobilitat elèctrica urbana a ciutats en base a criteris econòmics i paràmetres que defineixen el negoci des del punt de vista del gestor de recàrrega, ja que serà l'encarregat de gestionar, explotar i mantenir aquesta infraestructura. Per aconseguir aquest objectiu es crea un model econòmic, que a través d'una eina informàtica, es presenta com l'instrument per definir, analitzar i valorar estratègies d'implantació d'infraestructura de recàrrega per a un territori en funció de les característiques de l'àrea d'estudi i d'un estudi paramètric de les variables que determinen el model per trobar l'òptim.

Finalment, s'aplica aquest model a la ciutat de Barcelona. Es defineixen i analitzen econòmicament diverses estratègies en funció dels paràmetres característics de la ciutat, com per exemple la previsió del parc automobilístic elèctric durant el període d'estudi, recorregut mig de quilòmetres a l'any per part de la població potencial usuària de vehicle elèctric, cost de l'energia, i d'altres paràmetres com el consum mig de quilovats-hora dels vehicles elèctrics, tipus de recàrrega a implantar, cost d'inversió, etc. que determinen el negoci del gestor de recàrrega.

Dels antecedents analitzats s'arriba a la conclusió general de què la mobilitat elèctrica és un compromís de present i sobretot de futur, i és necessària la implicació conjunta de la societat, les administracions públiques, els fabricants de vehicles i els gestors de recàrrega.

De l'anàlisi econòmica realitzada es conclou que el negoci de gestor de recàrrega s'ha de plantejar a llarg termini, en funció de la velocitat de creixement del mercat de

vehicles elèctrics, ja que durant els primers anys la inversió en infraestructura és molt alta i els ingressos obtinguts pel número d'usuaris és molt baix. Aquest negoci depèn sobretot dels paràmetres de variació del cost de l'energia, de l'evolució del mercat de vehicles elèctrics i del tipus d'infraestructura a implantar, perquè són paràmetres molt sensibles que afecten directament i de manera decisiva als resultats econòmics del negoci.

Del cas aplicat a la ciutat de Barcelona, es conclou que l'estratègia òptima és la implantació d'infraestructura mixta, amb un alt percentatge d'ús de càrrega lenta i amb el suport d'infraestructura pública, sobretot de càrrega ràpida, ja que la infraestructura semi-ràpida és la que més perjudica al negoci.

Com a última reflexió se'n deriva que el model realitzat ofereix un primer estudi i anàlisi econòmica en funció dels paràmetres de ciutat i criteris econòmics determinats en la eina informàtica, i que depenent de la determinació d'aquests la solució òptima variarà.

Economic analysis for the implementation of infrastructure of electric mobility in cities. General approach and application to Barcelona.

Author: Domingo Rimada, Nuria
Tutors: López Rodríguez, Àngel; Josa García-Tornel, Alejandro
Keywords: electric car, strategy, charging infrastructure model, fast charge, slow charge, electric vehicle charging point manager

The current model of mobility and transport based on internal combustion seems to have reached its turning point due to reasons of dependency and energy efficiency and because of important environmental impacts associated with their use: particles (PM10, PM5, PM2,5), NOx, greenhouse gases, etc. Electric vehicles seem to be playing an important role in the mobility of the future. The possibility created by electric vehicles in generating renewable sources (depending on the country's electricity mix) adds value to this potential in terms of achieving a transport model that generates less greenhouse gas emissions and reduces our high dependence on imported oil. It also provides an opportunity for the automotive industry and the EV charging infrastructure. Besides, it is a valuable tool for optimizing the management of the electric system. Working for the introduction of electric vehicles, which had its first development in the nineteenth century when they were being replaced by combustion cars, implies a transition to a new mobility model that is likely to be effective in the long term. It is also showing its sustainability considering the three pillars of this concept (environmental, social and economic).

This dissertation focuses only on the economic aspects of the implementation of electric mobility. Environmental and social factors must be analyzed based on other studies in such a way that every pillar takes into account all aspects of sustainability. Through this work we seek to define optimal strategies for the implantation of urban electric mobility in cities based on economic criteria and parameters that define the business from the point of view of EV charging point managers. This is because this figure will be in charge for managing and maintaining this infrastructure. To achieve this aim, an economic model has been created which is presented through a computer tool as the instrument to define, analyze and evaluate implementation strategies of charging infrastructure for an area according to the characteristics of the study area and a parametric study of the variables that determine the model in order to find the optimal.

Finally, this model is applied to the city of Barcelona. We define and analyze, from the economic point of view, different strategies based on characteristic parameters of the city, such as the provision of electric cars during the study period, average annual vehicles kilometers traveled by the potential user population of electric cars, energy cost, etc. Also by other parameters like the average consumption of kilowatt hours of electric cars, type of charging infrastructure to implant, investment cost, etc. which define the business of manager charging infrastructure.

The general conclusion achieved from the analysis of the precedents is that electric mobility is a present and future commitment, and it is necessary to involve the whole of society, government, vehicle manufacturers and managers of charging infrastructure.

A conclusion obtained from the economic analysis of implementation strategies is the business of EV charging point manager should be considered in a long term, depending on the speed of growth of electric vehicle market, due to the fact that during the first period the investment is high and the income earned by the number of users is very low. This business depends mainly on the parameters of variation of energy cost,

the development of the electric vehicle market and the type of infrastructure to implement, because those parameters are very sensitive and affect directly and crucial the economic results of the business.

Trough the case applied in Barcelona, we can conclude that the optimal strategy is the implementation of mixed infrastructure, with a high percentage of use of slow charging infrastructure and the support of public infrastructure, especially fast charging infrastructure, because the semi-fast charging infrastructure is the most damaging to the business.

As a final reflection, the model provides an initial study and economic analysis based on city parameters and economic criteria defined in the computer tool, and depending on the determination of them the optimal solution will vary.

ÍNDEX

AGRAÏMENTS 1

CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS 1

1.1. CONTEXT DE LA INVESTIGACIÓ 1

1.2. OBJECTIUS DE LA TESIS 3

1.2.1.Objectiu principal 3

1.2.2 Objectius específics 3

CAPÍTOL 2. METODOLOGIA 4

CAPÍTOL 3. ESTAT DE L'ART 5

3.1. EL VEHICLE ELÈCTRIC 5

3.1.1. Precedents històrics 5

3.1.2. Descripció general 5

3.1.3. Propietats del vehicle elèctric 6

3.1.4. Mode de transferència d'energia 6

3.1.4.1 Tipus de recàrrega 7

3.1.4.2 Tipus de connectors 8

3.1.4.3 Modes de recàrrega 8

3.2. MOBILITAT ELÈCTRICA URBANA 10

3.2.1 Aspectes ambientals 10

3.2.1.1. Efectes sobre la qualitat de l'aire (emissions de contaminants i gasos amb efecte hivernacle) 10

3.2.1.2. Contaminació acústica 10

3.2.1.3. Generació de residus 10

3.2.1.4 Eficiència energètica 11

3.2.2 Efectes sobre el sector energètic 11

3.2.2.1. Millora de l'eficiència del sistema 11

3.2.2.2 Els vehicles elèctrics són nous consumidors 12

3.2.2.3 Integració de les energies renovables 12

3.2.2.4 Sistema d'emmagatzematge elèctric reversible (Vehicle to Grid) 13

3.2.3 Aspecte social 13

3.3 INFRAESTRUCTURA MOBILITAT ELÈCTRICA 13

3.4 GESTORS DE RECÀRREGA 14

CAPÍTOL 4. ESTRATÈGIES D'IMPLANTACIÓ DE LA MOBILITAT ELÈCTRICA URBANA 15

4.1. ALTERNATIVES D'IMPLANTACIÓ DEL SISTEMA D'INFRAESTRUCTURES DE MOBILITAT ELÈCTRICA 15

4.1.1 Alternatives segons el mode de transferència d'energia 15

4.1.2. Escenari segons el mode de càrrega conductiva 18

4.2. ESCTRATÈGIES D'IMPLANTACIÓ D'INFRAESTRUCTURA DE MOBILITAT ELÈCTRICA 20

4.2.1. 100% Infraestructures de càrrega mode 1 i mode 2 (càrrega lenta) 20

4.2.2 100% Infraestructures de càrrega mode 4 (electrolineres) 21

4.2.3. Mix d' infraestructures de recàrrega 22

4.2.4. Estratègies per tipus de ciutat 23

4.3 EXEMPLES D'ESTRATÈGIES D'IMPLANTACIÓ DE MOBILITAT ELÈCTRICA 25

4.3.1. Estratègia basada en el desenvolupament de la infraestructura d'intercanvi de bateria 25

4.3.2. Estratègia basada en el desenvolupament de la infraestructura i del vehicle elèctric 26

4.3.3. Estratègia basada en el desenvolupament de vehicle elèctric 27

4.3.4. Estratègia de país basada en la implantació d'infraestructura de càrrega ràpida i beneficis socials. 28

4.3.5. Estratègia de país basada en la implantació d'infraestructura de càrrega lenta i beneficis socials 30

4.3.6. Estratègia de país basada en la implantació d'infraestructura de càrrega ràpida i en la col·laboració entre Govern-empresa. 32

CAPÍTOL 5. MODEL ECONÒMIC I EINA INFORMÀTICA D'IMPLANTACIÓ PER A INFRAESTRUCTURES DE MOBILITAT URBANA 34

5.1. INTRODUCCIÓ 34

5.2 ESTRUCTURA DEL MODEL 34

5.3. HIPÒTESIS ADOPTADES 35

5.4. PARÀMETRES I DESCRIPCIÓ 37

5.4.1. Paràmetres prefixats 37

5.4.2. Paràmetres a introduir 44

5.5 EINA INFORMÀTICA 50

5.6 RESULTATS I LIMITACIONS 55

5.6.1. Resultats 55

5.6.2. Limitacions 63

CAPÍTOL 6. IMPLANTACIÓ DEL MODEL ECONÒMIC A BARCELONA 65

6.1. INTRODUCCIÓ 65

6.2 PARÀMETRES DE BARCELONA 65

6.2.1. Paràmetres que defineixen Barcelona 65

6.2.3.Estat actual Mobilitat elèctrica a Barcelona 69

6.3 APLICACIÓ DE LA EINA INFORMÀTICA AL CAS DE BARCELONA 74

6.3.1. Introducció 74

6.3.2 Definició de paràmetres 74
6.3.3. Estratègia 1: implantació d'infraestructura 100% càrrega lenta 76
6.3.4. Estratègia 2: implantació d'infraestructura 100% càrrega ràpida 78
6.3.5. Estratègia 3: implantació d'infraestructura mixta 81

CAPÍTOL 7. CONCLUSIONS 91
7.1. INTRODUCCIÓ 91
7.2 CONCLUSIONS GENERALS 91
7.3 CONCLUSIONS SOBRE EL CAS APLICAT 93
7.4 VALORACIÓ PERSONAL 94

BIBLIOGRAFIA 95
BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA 95
ALTRA BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA 96

ANNEXOS 99
ANNEX 1. Estat de l'art
ANNEX 2. Càlculs per definir les hipòtesi de venda de vehicles elèctrics
ANNEX 3. Programari-codi Visual Basic
ANNEX 4. Aplicació eina informàtica a estratègies
ANNEX 5. Full de càlcul del model econòmic

CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

1.1. CONTEXT DE LA INVESTIGACIÓ

L'ésser humà ha tendit a agrupar-se i viure mitjançant assentaments poblacionals creant estils de vida sedentaris. Aquest fet ha implicat la necessitat de desenvolupar sistemes de transport per evolucionar i establir comunicacions i relacions interpoblacionals. Inicialment, aquestes necessitats van ser cobertes per l'energia animal, i aquest era un mode de transport sostenible en el seu sentit més bàsic, ja que l'energia era el propi aliment. Però, amb la revolució industrial aquest tipus d'energia va quedar obsoleta, i l'ésser humà va haver de buscar energies alternatives, inicialment el carbó i posteriorment el petroli, fonts que estaven al seu abast i fàcils d'explotar. És a partir d'aquest moment que el transport de mercaderies i passatgers es constitueix com la columna vertebral de l'economia, i es considera que tot desenvolupament econòmic està associat a necessitats creixents de transport. Per tant, l'energia es consolida com la base del desenvolupament, creixement i benestar de la societat moderna. Però també comporta un ventall de problemes on es pot destacar la dependència energètica: un recurs energètic no renovable, finit, amb una desigual distribució geogràfica i amb importants fluctuacions de preu, que amb el seu ús indiscriminat causa una àmplia llista de conseqüències ambientals negatives.

En el sector del transport, la Unió Europea depèn en gran mesura dels combustibles fòssils. Els carburants derivats del petroli representen al voltant del 96% del subministrament energètic total del sector, sent el transport per carretera, amb diferència, el medi que utilitza la major part de l'energia (Comisión Europea, 2014). En particular, a Espanya des de l'any 1996 el sector del transport és el responsable del 39% del consum d'energia final. Dins dels diferents modes de transport, el transport per carretera suposa el 80% del consum sectorial, davant el 14% del transport aeri, el 3% del transport ferroviari i el 3% del transport marítim (Idae, 2011). El transport per carretera depèn un 98% dels productes petrolífers i a més a més representa la quarta part de les emissions totals de CO_2 (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, FITSA, IDAE, 2010). A Catalunya, el sector del transport suposa el 40% de tot el consum final d'energia, i pràcticament tot el combustible que s'utilitza són derivats del petroli. Un 28 % de les emissions totals de gasos amb efecte d'hivernacle provenen del transport, però si només ens fixem en el CO_2 aquest valor puja a un 34 % (Pallisé, Astrals, Cairo, Comellas, i Martínez, et al., 2010).

L'augment de la població mundial ha fet que el nivell de demanda de combustibles fòssils estigui per sobre de la regeneració d'aquests, el que ens porta a un cicle insostenible. A més, es comença a percebre la preocupació per la contaminació generada per aquest tipus d'energia, entre altres, l'increment en la concentració de gasos contaminants i amb efecte d'hivernacle. Tots aquests aspectes provoquen dubtes sobre l'actual model de mobilitat i el seu principal agent: el vehicle de combustió interna. D'aquesta manera sorgeix la necessitat d'investigar i desenvolupar tecnologies alternatives que utilitzin altres tipus d'energies per implementar en el sector del transport. El coneixement tecnològic actual i la infraestructura existent arreu del món fan que la recerca del nou model de mobilitat ens encamini al vehicle elèctric.

El gran avantatge de l'electricitat és que més que una energia és un vector energètic, que pot basar-se en la transformació de moltes altres energies per poder ser transportada i reconvertida en energia mecànica pels vehicles. Aquesta característica fa que es pugui fer ús, entre d'altres, d'energies renovables per generar electricitat i mitjançant motors elèctrics aconseguir transformar aquest vector energètic en energia mecànica per moure el vehicle. A

més, un vehicle amb motor elèctric té una eficiència del pou a dipòsit al voltant del 24% mentre que els vehicles de combustió interna obtenen una eficiència global de l'ordre del 16%. A aquesta qualitat s'ha d'afegir que actualment hi ha desenvolupada una forta infraestructura de transport d'energia elèctrica arreu del món, la xarxa elèctrica, que pot ser aprofitada per a implantació d'aquest nou model. Per tant, sembla que el vehicle elèctric és una oportunitat per a un nou model de mobilitat més eficient energèticament i més net i ofereix oportunitats per al desplegament de les energies renovables i per a una gestió més eficient de la xarxa elèctrica. És també una oportunitat econòmica pels països, per ser un nou sector de coneixement industrial i empresarial.

És per tot això que la idea d'un nou model de transport s'ha convertit en un interès comú. L'impuls del vehicle elèctric es contempla en tots els nivells legislatius i normatius que van des de la Unió Europea fins a les Administracions Locals per tal de configurar un desenvolupament econòmic mediambientalment sostenible. En la Unió Europea el marc normatiu en el que es troba inclòs el vehicle elèctric té com a referències diverses estratègies desenvolupades contra el canvi climàtic, a favor de l'estalvi d'energia, la disminució de la contaminació, el recolzament a la innovació i la millora de la mobilitat. Aquest interès creixent en la diversificació energètica del transport, ve motivat per un conjunt de noves regulacions a nivell europeu entre les que cal destacar (Comissió *IVECAT, 2010, p.18 i 19*):

- *Directiva 2009/28/CE* referent a l'impuls de l'ús d'energia procedent de fonts renovables. Estableix la obligació d'introduir un 10% d'energies renovables al transport l'any 2020.
- *Reglament (CE) 443/2009*, estableix les pautes en matèria d'emissions dels turismes nous. S'imposa als fabricants de vehicles la obligació de reduir l'emissió mitjana de CO_2 del parc de vehicles venuts a 130 g de CO_2/km per a l'any 2015 i a 95 g de CO_2/km per a l'any 2020.
- *Directiva 98/70/CE de qualitat dels combustibles*. La revisió de desembre de 2008 (MEMO/08/800) estableix l'objectiu de reduir en un 10% les emissions de gasos d'efecte hivernacle tenint en compte el cicle de vida dels combustibles emprats al transport abans de 2020.
- *Decisió No 406/2009/CE del Parlament Europeu i del consell del 23 d'abril de 2009.* Reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle per tal d'assolir els compromisos adquirits per la Comunitat fins al 2020. Espanya haurà de reduir les seves emissions difuses en un 10% el 2020 en relació al 2005.
- *Comunicació del 28 d'abril de 2010 sobre l'Estratègia europea per fomentar el desenvolupament i ús de vehicles ecològics*. Es fomenta la vinculació de la indústria europea en aquest tipus de tecnologies. L'estratègia es basa en un pla d'acció que fa referència, entre d'altres aspectes, a la importància de garantir que els vehicles elèctrics siguin, com a mínim, tan segurs com els de combustió interna; promoure normes comunes que permetin carregar tots vehicles elèctrics a qualsevol emplaçament de la UE; impulsar la instal·lació de punts de recàrrega oberts al públic; promoure el desenvolupament de xarxes elèctriques intel·ligents; i actualitzar les normes i promoure la recerca sobre el reciclatge de les bateries.

El context normatiu descrit permet afirmar que s'està apostant per la implantació d'un model de mobilitat elèctrica, i per tant el següent pas és estudiar quina és la millor manera per dur a terme la seva implantació.

Avui dia el concepte de sostenibilitat és clau per a la presa de decisions. El concepte de sostenibilitat i desenvolupament sostenible té diverses definicions segons varïin els punts de vista amb els que s'analitzi, però cal assenyalar que es tracta de definir un tipus de

desenvolupament (no de creixement). L'informe Brundtland de Nacions Unides (1987) titulat "Our Common future" defineix de forma clàssica el terme Desenvolupament Sostenible com "el que satisfà les necessitats del present sense comprometre la capacitat de generacions futures de satisfer les seves pròpies necessitats". Perquè la implantació de la mobilitat elèctrica sigui realment sostenible ha de garantir un equilibri entre l'aspecte mediambiental, el social i l'econòmic, que són els tres pilars en els quals es basa la sostenibilitat.

Aquest treball se centra en l'anàlisi d'estratègies d'implantació de la infraestructura de mobilitat elèctrica des del punt de vista del negoci del gestor de recàrrega. Per tant, se centra en l'aspecte econòmic deixant de banda en aquest cas els altres dos pilars, ja que el gestor de recàrrega busca trobar l'estratègia econòmica òptima d'implantació de la infraestructura de recàrrega per a cada territori en funció d'un conjunt de paràmetres com ara el tipus d'infraestructura a instal·lar, el consum mig de quilòmetres per part dels usuaris, l'evolució del mercat de vehicles elèctrics, la velocitat de creixement del parc automobilístic elèctric, el cost de l'energia i de la infraestructura o el preu de venda del servei de recàrrega, entre altres, i passant per oferir el servei òptim per a l'usuari.

Tot aquest plantejament fa necessari realitzar un model d'anàlisi, que mitjançant una eina informàtica, que reculli aquests paràmetres i realitzant un estudi paramètric, s'analitzi i avaluï els diferents escenaris d'implantació proposats per tal d'obtenir conclusions sobre les estratègies òptimes a desenvolupar.

1.2. OBJECTIUS DE LA TESIS

1.2.1.Objectiu principal

L'objectiu principal d'aquesta tesina és analitzar les condicions òptimes de la implantació de la mobilitat elèctrica urbana en ciutats en base a criteris econòmics des del punt de vista del gestor de recàrrega i d'acord amb criteris de tipologia de la infraestructura de recàrrega, evolució del mercat de vehicles elèctrics, costos d'inversió, despeses d'operació del negoci i ingressos, i aplicar-ho al cas concret de la ciutat de Barcelona.

1.2.2 Objectius específics

Per tal de poder aconseguir l'objectiu principal anteriorment descrit, s'han de desenvolupar els següents objectius específics.

- Aprofundir en el coneixement de la mobilitat elèctrica. S'haurà de recopilar informació sobre l'estat de l'art del vehicle elèctric, de les infraestructures de recàrrega i dels gestors de recàrrega, amb la finalitat d'obtenir un estat del coneixement complet.
- Conèixer diferents estratègies d'implantació d'infraestructura de la mobilitat elèctrica seguides per altres països i ciutats del món, els seus condicionants i el seu resultat.
- Crear un model econòmic que, mitjançant una eina informàtica, permeti definir i avaluar econòmicament diferents escenaris d'implantació d'infraestructures de recàrrega.
- Obtenir conclusions sobre estratègies òptimes d'implantació depenent de determinades variables, com ara el tipus de recàrrega, l'evolució del mercat de vehicles elèctrics i de les infraestructures de recàrrega, el cost de l'energia, de la inversió i del manteniment de la infraestructura, el cost financer, etc., i el corresponent estudi paramètric.
- Aplicar el model al cas de la ciutat de Barcelona i obtenir l'estratègia òptima depenent de diferents variables.

CAPÍTOL 2. METODOLOGIA

Per assolir l'objectiu principal determinat en el capítol 1 del present treball, és a dir definir i analitzar estratègies òptimes per a la implantació de la mobilitat elèctrica urbana a ciutats en funció de criteris econòmics i paràmetres que defineixen el negoci del gestor de recàrrega, es fa ús d'un model que mitjançant una eina informàtica analitza econòmicament les diferents estratègies proposades per tal de trobar l'òptima des del punt de vista del gestor de recàrrega. Per tant, la metodologia utilitzada en aquest treball per aconseguir arribar a aquest objectiu ha seguit els següents punts:

- Recerca mitjançant bibliografia disponible i la xarxa d'Internet per plantejar un estat de l'art suficientment ampli i complet sobre la mobilitat elèctrica urbana. S'estudia la història, desenvolupament i propietats del vehicle elèctric, els impactes que produeix la mobilitat elèctrica, els tipus i característiques de les infraestructures de recàrrega, i es fa un recull d'informació sobre casos recents d'implantació de mobilitat elèctrica en altres ciutats del món, per tal de tenir exemples d'eines, estratègies i experiències ja viscudes tant d'èxit com de fracàs.

- Reunions amb personal expert que lidera la promoció de la mobilitat elèctrica a la ciutat de Barcelona i assistència a la jornada de White Book of the Sustainable Mobility in the early XXI Century i a la 27ª Edició del Electric Vehicle Symposium and Exhibition.

- Identificació, a partir del coneixement obtingut de l'estat de l'art, dels conceptes i paràmetres clau necessaris per a definir el model econòmic amb el qual es podrà assolir l'objectiu del treball.

- Determinació i desenvolupament dels paràmetres per construir el model econòmic. Es determinen un conjunt d'hipòtesis d'escenaris futurs de la mobilitat elèctrica en funció de supòsits de venda de vehicles elèctrics basats en els objectius marcats per la Comissió Europea i en estudis realitzats per empreses consultores analistes, i en funció d'hipòtesis de velocitat de creixement del mercat de vehicles elèctrics. També es defineixen les variables que determinen econòmicament el negoci del gestor de recàrrega com per exemple, la tipologia de la infraestructura de recàrrega i els costos d'inversió, les despeses del negoci en funció del cost de manteniment de la infraestructura, les despeses d'usuari i el cost de l'energia, i els ingressos.

- Creació de l'eina informàtica basada en una aplicació programada en full de càlcul Excel, per implementar la base matemàtica i gràfica del model, i amb suport de macros programades en codi Visual Basic per desenvolupar les parts funcionals, amb les quals es realitza l'anàlisi econòmica de les estratègies a estudiar.

- Estudi paramètric genèric de les estratègies òptimes d'implantació d'infraestructura de mobilitat elèctrica a ciutats.

- Aplicació a la ciutat de Barcelona. Primer de tot es realitza una determinació dels paràmetres de mobilitat característics de la ciutat, geografia, parc automobilístic, desplaçaments, aparcaments i estat actual de la mobilitat elèctrica. Seguidament, es defineixen diferents estratègies d'implantació d'infraestructura de recàrrega que mitjançant l'eina informàtica s'analitzen i es realitza un estudi paramètric, amb l'objectiu de proposar una estratègia d'implantació adequada que pugui assimilar les necessitats de l'usuari i del negoci del gestor de recàrrega.

CAPÍTOL 3. ESTAT DE L'ART

L'estat de l'art de la mobilitat elèctrica està desenvolupat de forma extensa en l'annex 1 del present treball. Aquest capítol mostra una síntesi d'aquest annex per introduir les nocions més importants per a facilitar la comprensió de la resta del treball.

3.1. EL VEHICLE ELÈCTRIC

3.1.1. Precedents històrics

El vehicle elèctric es remunta a més de 100 anys d'història. Al 1890 William Morrison construí el primer vehicle elèctric de quatre rodes a EEUU, i uns anys més tard, els cotxes elèctrics eren els més venuts, eren els més ràpids, l'autonomia era raonable per aquell moment i el seu cost era suportable per la burgesia i les classes altes.

A principis del segle XX, quan el petroli començà a ser un producte més assequible, la benzina assolí un preu molt popular, es començaren a obrir carreteres al tràfic i llavors l'autonomia passà a ser una característica molt valorada, a més a més del preu. Motivats per aquest èxit del motor de combustió, els fabricants de cotxes elèctrics començaren a tancar les fàbriques o es passaren directament a la producció de motors tèrmics. A l'any 1973, època en la que es presentà una crisis del petroli sense precedents, el vehicle elèctric es començà a considerar de nou com una alternativa de mobilitat. Però a finals de 1990, la crisis del petroli semblava superada i tornà a caure l'interès per la mobilitat elèctrica.

Des de llavors, la reincorporació del vehicle elèctric al mercat, s'ha estat portant paulatinament. Actualment, la societat comença a adonar-se de la necessitat de no dependre d'un recurs finit, d'impulsar una eficiència energètica i obtenir una reducció d' emissions de gasos amb efecte hivernacle, és per això que sembla que és el moment d'implantar la mobilitat elèctrica.

3.1.2. Descripció general

El vehicle elèctric s'entén com el tipus de vehicle que està propulsat total o parcialment per energia elèctrica procedent de bateries que es recarreguen en la xarxa elèctrica. És un sistema format per un subsistema primari d'emmagatzematge d'energia, una o més màquines. Cal tenir en compte que existeixen diferents tipus depenent de si la propulsió és completament elèctrica o si també compta amb un motor de propulsió.

La taula 3.1 mostra un resum de les principals característiques dels diferents tipus de vehicles elèctric.

Definició	Acrònim	Propulsat per:	Font exterior d'energia	Autonomia
Elèctric pur	BEV Battery Electric Vehicle	Motor elèctric	Electricitat	80-200 km
Elèctric d'autonomia estesa	EREV Extended-Range Electric Vehicle	Motor elèctric	Electricitat Combustible	60-500* km

Elèctric híbrid endollable	PHEV Plug-in Hybrid Electric Vehicle	Motor elèctric Motor MCI	Electricitat Combustible	20–100 km

(*) El rang d'autonomia amb les bateries carregades des de la xarxa es situa entre 60-100 km podent augmentar fins els 500 km amb el recolzament d'un motor de combustió interna que funciona com generador d'electricitat.

Taula 3.1. Resum característiques principals dels tipus de vehicle elèctric.
Font: IDAE, 2011b.

3.1.3. Propietats del vehicle elèctric

Els vehicles elèctrics són més senzills que els vehicles actuals de combustió interna. Consisteixen en un cable amb connectors que transmet l'energia entre la infraestructura de recàrrega i el carregador (aquest converteix la corrent que li arriba en corrent continua) i un dispositiu d'emmagatzematge d'energia (bateria o ultracondensador) que permet alimentar un o més motors elèctrics que mouen les rodes. (Veure figura 3. 1).

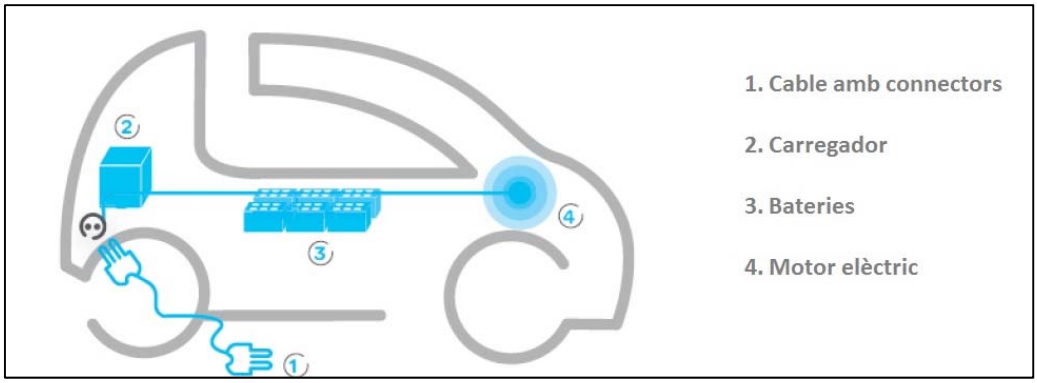


Figura 3.1. Esquema d'un vehicle elèctric.
Font: Junta de Castilla y León, 2011.

Com a gran avantatges del vehicle elèctric destaca la nul·la contaminació atmosfèrica i acústica local, i el menors costos d'us i manteniment. Però la gran desavantatge és la limitada autonomia de les bateries.

3.1.4. Mode de transferència d'energia

La recàrrega del vehicle elèctric passa a ser un factor decisiu en la planificació del temps, viatges i trajectes. Actualment existeixen diferents modes diferenciats pel seu sistema de transferència energètica:

- *Càrrega conductiva*: consisteix en un sistema de càrrega on la transferència de corrent elèctrica es realitza a través de cables i endolls.
- *Càrrega inductiva*: consisteix en realitzar el procés de recàrrega del vehicle elèctric sense necessitat de cables ni connexions. L'electricitat es transfereix a partir de la inducció electromagnètica.
- *Intercanvi de bateria*: consisteix en realitzar un canvi de la bateria buida per una bateria 100% carregada en un establiment especialitzat en un temps menor a l'actual temps requerit en omplir el dipòsit de benzina.

- *Hidrogen*: consisteix en produir l'energia elèctrica a partir de la hidròlisi de l'hidrogen (que s'emmagatzema en un dipòsit en estat líquid comprimit a alta pressió) i l'oxigen, obtenint com a resultat electricitat, aigua i calor.
- *Electrolits líquids*: consisteix en l'ús de bateries de flux que es carreguen amb combustible líquid, elèctrodes en estat líquid que contenen partícules carregades.

Actualment, el mode de transferència de càrrega conductiva és el més desenvolupat, ja que la base d'aquesta infraestructura, és a dir la xarxa elèctrica, arriba gairebé a tots els punts del territori. És per això que en aquest capítol s'aprofundeix en aquest mode de transferència d'energia.

3.1.4.1 Tipus de recàrrega

La càrrega conductiva es divideix en càrrega lenta, semi-ràpida i ràpida, en funció de la velocitat de recàrrega que ofereixen (taula 3.2).

	Càrrega lenta	Càrrega semi-ràpida	Càrrega ràpida
Potència i intensitat elèctrica	Corrent monofàsic de 230V i intensitat de 16A. Potència fins 3,7kW. Corrent trifàsica de 400V i intensitat fins a 32 A. Potència fins a 11kW.	Corrent monofàsica de 230V i intensitat entre 32-63A. Potència entre 7,4-14,5kW. Corrent trifàsica de 400V i intensitat entre 32-63A. Potència entre 22-43,5kW.	Corrent continu de 600V i intensitat fins 400A. Potència de 50kW fins a 240kW. Corrent alterna de 500V i intensitat fins 250A. Potència de 44 kW fins a 220kW.
Temps estimat de recàrrega	Corrent monofàsica: 4-8h Corrent trifàsica: 2h	Corrent monofàsica: 3h (32 A) i 1,5h (63 A) Corrent trifàsica: 1h (32A) i 0,5h (63A)	Entre 10-30 minuts
Localització òptima	Vivendes, llocs de treball, estacions de ferrocarril o aeroports.	Centres urbans, supermercats, centres comercials, centres d'oci.	Estacions de servei (electrolineres).
Quan s'utilitza?	El vehicle es deixa carregant i es retorna després de varies hores (tota la nit, una jornada laboral, etc.)	El vehicle es deixa carregant mentre es realitzen activitats (compra, teatre, etc.)	El vehicle es carrega sense allunyar-se d'ell. És necessària la presència d'un supervisor.

Taula 3.2. Taula resum dels tipus de sistema de càrrega per endoll
Font: IDAE, 2011a.

Generalment la càrrega lenta s'efectuarà per la nit, això implica un benefici econòmic per l'usuari al poder optar per una tarifa energètica més reduïda. L'ús d'aquest tipus de càrrega en horari nocturn també contribueix positivament al sistema energètic, afavoreix la gestió de la corba energètica al no crear sobredimensionament en hores punta,proporciona la possibilitat de major integració d'energies renovables i major operativitat del sistema.

En quant a la càrrega semi-ràpida, el seu objectiu no és que el vehicle es carregui completament, sinó que sigui un suport a la càrrega que es fa per la nit (càrrega lenta), degut a que aquest s'utilitzarà en horari de demanda alta d'electricitat i els costos i la potència de la xarxa elèctrica es veuran afectats. També cal dir que, actualment, no tots els vehicles suporten aquest tipus de recàrrega, com és el cas de les motocicletes i bicicletes elèctriques.

L'objectiu principal de la càrrega ràpida és poder realitzar una recàrrega d'urgència o imprevista sense cap inconvenient, poder competir amb el temps de demora d'un vehicle de combustió interna en les actuals benzineres, i oferir una resposta positiva davant l'ansietat de l'usuari amb el problema de l'autonomia del vehicle.

3.1.4.2 Tipus de connectors

Els connectors són els dispositius encarregats de connectar el vehicle elèctric a la xarxa de recàrrega. Actualment els tipus de connectors no estan estandarditzats a nivell mundial, però estan regulats en quant a característiques per la normativa UNE 62196 a la que es va afegir modificacions com la IEC 62196-2 y 3.

La taula 3.3 mostra els connectors actualment més usats per a vehicle elèctric:

Tipus de connector	Tipus de càrrega	Característiques
Schuko	Càrrega lenta	Connector domèstic sense comunicació integrada.
Mennekes	Càrrega semi-ràpida	Fins a 16 ampers (monofàsic) i fins a 63 ampers (trifàsic). És el sistema de recàrrega impulsat per l'Associació Europea de Fabricants d'Automòbils (ACEA).
Combined Charging System (Combo)	Càrrega lenta amb corrent continu Corrent alterna monofàsica Càrrega semi-ràpida amb corrent alterna trifàsica Càrrega ràpida	Aquest sistema permet mitjançant un únic connector al vehicle disposar de totes les possibilitats de recàrrega. És el sistema universal de recàrrega impulsat pels fabricants alemanys i americans.
CHAdeMO	Càrrega ràpida amb corrent continu	Impulsat per fabricants japonesos.

Taula 3.3. Taula resum dels tipus de connectors.
Font: Elaboració pròpia.

3.1.4.3 Modes de recàrrega

Els modes de recàrrega tenen a veure amb el nivell de comunicació entre el vehicle elèctric i la infraestructura de recàrrega,per tant també amb la xarxa elèctrica i el control que es pot tenir del procés de càrrega, per a programar-la, veure l'estat, parar-la, reprendre-la, o inclús bolcar electricitat a la xarxa.

- *Mode 1:* es realitza la connexió directament des del vehicle fins a la presa de corrent alterna de 16 A (càrrega lenta), on hauria de situar-se un dispositiu diferencial. Per tant, la infraestructura de recàrrega és senzilla, està composta per un connector tipus Schuko, no específic per vehicles elèctrics, sense comunicacions entre infraestructura de càrrega i vehicle elèctric (figura 3.2).

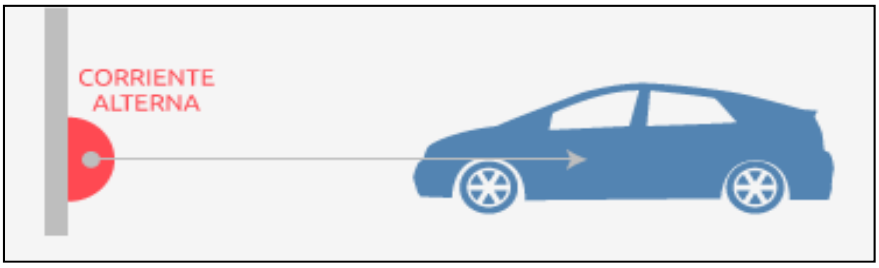


Figura 3.2 Esquema mode de recàrrega 1
Font: Endesa, 2014.

- *Mode 2:* consisteix en la connexió del vehicle elèctric a la xarxa de corrent alterna de fins a 32A (càrrega lenta) amb un connector estàndard (Schuko), mitjançant un cable especial amb un dispositiu intermedi de control pilot que serveix per a verificar la correcta connexió del vehicle a la xarxa de recàrrega. El grau de comunicació amb la xarxa és baix (figura 3.3).

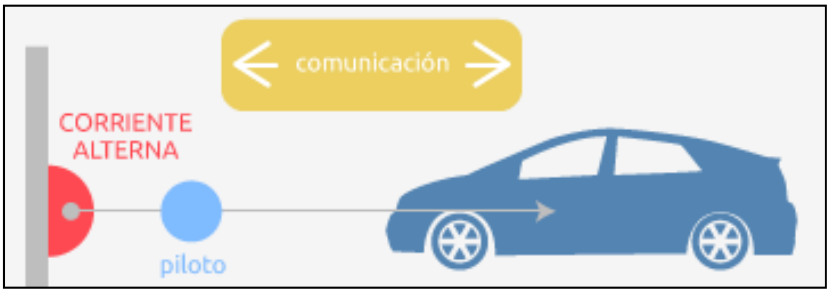


Figura 3.3. Esquema mode de recàrrega 2
Font: Endesa, 2014.

- *Mode 3:* existeix una comunicació real entre el vehicle i la infraestructura de recàrrega a través del Control Pilot. El mode 3 està compost principalment per un dispositiu anomenat wall-box (punt de recàrrega) amb un endoll destinat exclusivament a la càrrega de vehicles elèctrics (per exemple els connectors Mennekes, Combinat o Scame). Aquest punt de recàrrega incorpora varis sistemes de protecció i control, també pot incorporar leds per a senyalitzar l'estat de les càrregues, temporitzadors per a recàrrega retardada, comptador telemàtics, etc. Aquest mode és el més utilitzat per la càrrega semi-ràpida (figura 3.4).

Figura 3.4 Esquema mode de recàrrega 3
Font: Endesa, 2014.

- *Mode 4:* aquest mode de recàrrega està reservat a la càrrega ràpida mitjançant corrent continu d'alta intensitat. La infraestructura de recàrrega compta amb un dispositiu intermedi per convertir de corrent altern a corrent continua, i es fa ús d'endolls tipus CHAdeMO o Combinat. El grau de comunicació amb la xarxa és elevat (figura 3.5).

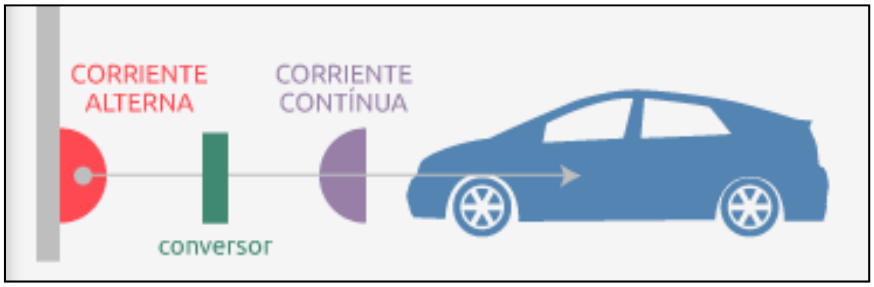


Figura 3.5. Esquema mode de recàrrega 4
Font: Endesa, 2014.

3.2. MOBILITAT ELÈCTRICA URBANA

La mobilitat elèctrica o mobilitat sostenible és un concepte nascut de la preocupació pels problemes mediambientals i socials ocasionats per la generalització de l'ús del vehicle de combustió com medi de transport. Planteja grans avantatges des d'un punt de vista mediambiental, social i energètic, tant als usuaris com a les ciutats.

3.2.1 Aspectes ambientals

El vehicle elèctric, a nivell mediambiental, es caracteritza per no generar cap tipus d'emissió local durant el seu ús evitant l'emissió de gasos contaminants en l'àmbit urbà, el que fa que millori la qualitat de l'aire de les ciutats i la salubritat dels ciutadans que les habiten.

3.2.1.1. Efectes sobre la qualitat de l'aire (emissions de contaminants i gasos amb efecte hivernacle)

L'emissió de gasos tòxics i contaminants dels motors de combustió interna és un dels principals impactes ambientals ocasionats pel transport. L'alta densitat de tràfic a les ciutats i zones metropolitanes emet elevades concentracions de contaminants, causa que origina que les ciutats sobrepassin els límits establerts per les normatives "Euro", que fixen els valors límits d'emissió de certs contaminants (veure taula 3.12 de l'annex 1).

La introducció del vehicle elèctric es presenta com una oportunitat per reduir aquesta contaminació atmosfèrica de forma local. Però per realitzar un anàlisi global de l'impacte ambiental, també s'ha de considerar l'emissió de contaminants produïts en la generació de l'electricitat que el vehicle consumeix, que dependrà del percentatge que cada una d'elles ocupa dins la generació total d'energia en un país, és a dir, es veurà condicionada pel mix energètic utilitzat. En una primera estimació, considerant el cicle "Tank To Wheel" (del dipòsit a la roda) s'obté que per cada miler de vehicles elèctrics que s'introdueixen en una ciutat, s'aconseguirien reduccions de l'ordre de més de 30.000 kg anuals de gasos contaminants (CO, NOx, HC) i més de 2 Tn de CO_2 dins l'aire que respiren els ciutadans *(*Pallisé et al., 2010).

3.2.1.2. Contaminació acústica

El vehicle elèctric, al funcionar amb motor elèctric sense explosió a gas, no emet pràcticament cap soroll, a part del soroll produït pel rodolament del propi vehicle. D'aquesta manera es redueix considerablement el soroll del tràfic, que és la principal causa de contaminació acústica urbana.

3.2.1.3. Generació de residus

La conseqüència d'augmentar el mercat del vehicle elèctric és que cada vegada hi ha major producció de bateries. Segons un estudi realitzat per Van Den Bossche (2005), les bateries de níquel-cadmi i de plom-àcid són les que presenten els majors impactes, mentre que les bateries d'ió-liti queden situades entre les més contaminants. Una bateria al final de la seva vida útil en un vehicle encara té un 70% de capacitat de recàrrega que, encara que no sigui suficient per alimentar el vehicle, és perfecte per l'emmagatzematge d'energia barata fora de les hores punta.

Una altra avantatge del vehicle elèctric és que desapareixen una gran part d'olis, greixos i altres fluids, que sí generen els vehicles de combustió interna, degut a la seva simplicitat d'elements mecànics.

3.2.1.4 Eficiència energètica

Comparant els rendiments dipòsit-roda (Tank to Wheel) el rendiment del vehicle elèctric és notablement superior al convencional (figura 3.6). El motor elèctric i les bateries tenen una eficiència propera al 80%, mentre que els vehicle de combustió obtenen una eficiència de l'ordre del 20%.

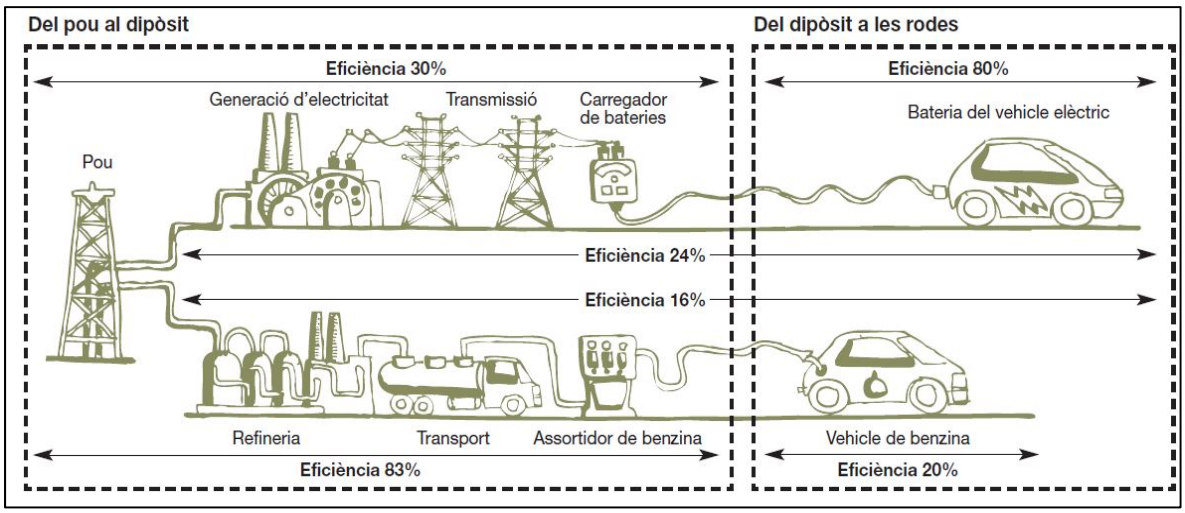


Figura 3.6 Comparació dels rendiments "del pou a les rodes" d'un vehicle elèctric i un de gasolina.
Font: Pallisé et al., 2010.

Per realitzar una justa comparativa és necessari analitzar el procés en el seu conjunt pou-roda. La generació i transmissió de l'energia elèctrica fins arribar al dispositiu de càrrega de les bateries té un rendiment al voltant del 30%, resultant un nivell global d'eficiència aconseguit de "pou a roda" de l'entorn d'un 24%. En el cas del vehicle de combustió, l'eficiència del refinatge i transport de gasolina fins al dipòsit és d'un 83%, per tant el seu global és del 16%.

Cal comentar que en funció del mètode de generació de l'electricitat es poden aconseguir eficiències del 30 al 40% per les centrals tèrmiques o nuclears convencionals, i de l'entorn del 50% en centrals de cicles combinats de gas natural; partint de fonts renovables es podrien considerar eficiències superiors a aquestes i impactes molt reduïts. Per tant, l'eficiència del vehicle elèctric encara podria ser major.

3.2.2 Efectes sobre el sector energètic

3.2.2.1. Millora de l'eficiència del sistema

La demanda d'energia elèctrica ve determinada per l'activitat, calendari i temperatura de les ciutats, que provoca que hi hagi unes hores de demanda màxima d'energia, hores pic, i unes altres de mínima demanda, hores vall.

En funció de l'horari de recàrrega de les bateries es repercuteix positiva o negativament a l'eficiència del sistema energètic. Si l'usuari recarrega el vehicle en hores de màxim consum d'energia, hores pic, es produeix un increment de demanda d'energia elèctrica, que repercuteix en la necessitat d'augmentar la potència instal·lada, creant un sobredimensionament de les infraestructures de generació i transport, i per tant incrementant les emissions de CO_2 al ser necessària una major aportació de les centrals tèrmiques.

En canvi, si el procés de recàrrega es duu a terme en hores vall, i a més a més, es realitza la recàrrega de forma lenta i amb control de la potència de recàrrega, el resultat sobre el perfil de la demanda és un augment del consum d'energia elèctrica en les hores vall, fent un aplanament de la corba que repercutirà en una major eficiència del sistema elèctric i un augment de la integració d'energies renovables durant la nit (figura 3.7)

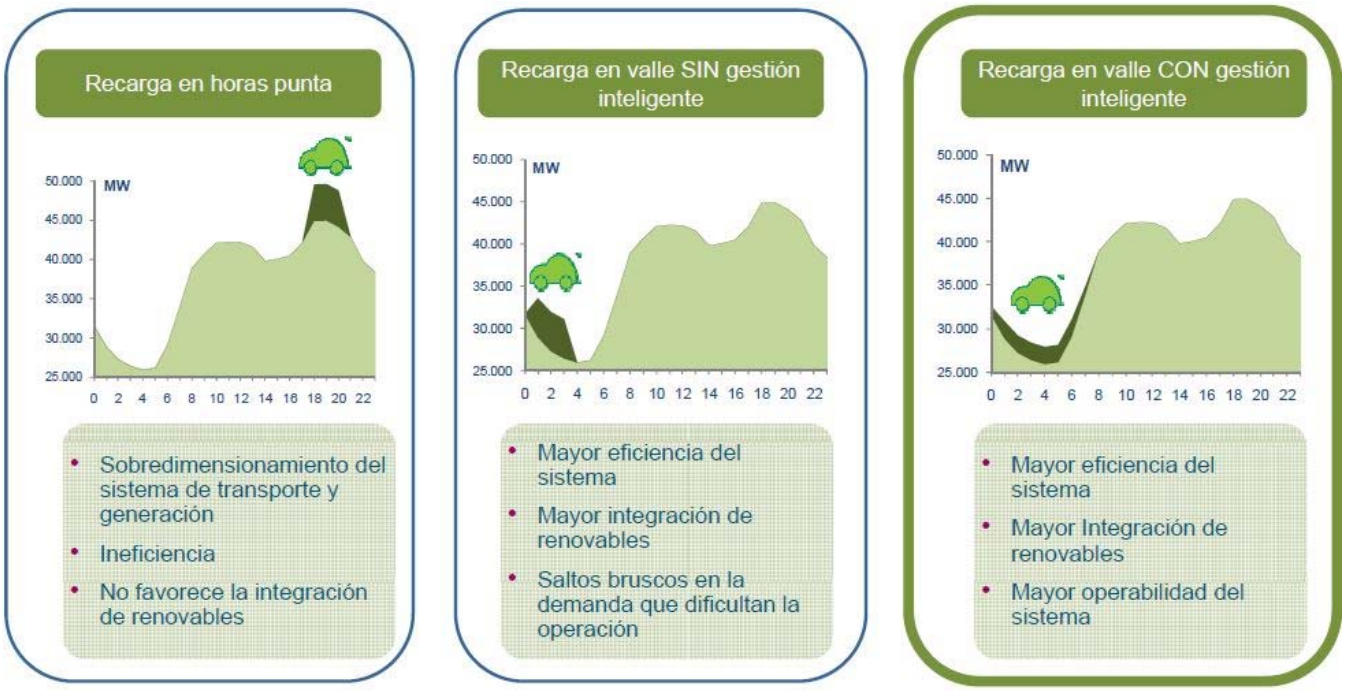


Figura 3.7 Corba de demana elèctrica a Espanya.
Font: Red Eléctrica de España

3.2.2.2 Els vehicles elèctrics són nous consumidors

Segons estudis realitzats sobre l'impacte de la integració del vehicle elèctric dins el sistema elèctric actual per la Red Eléctrica Española, un mercat de 10 milions de vehicles l'any 2030 solament suposaria un consum del 5% del total de la demanda a l'any 2030 *(*PricewaterhouseCoopers, 2010*).*

Un altre estudi realitzat afirma que la implantació de 76.000 vehicles elèctrics a Catalunya produiria només un augment de la demanda elèctrica anual al voltant del 0,3% aproximadament (Comissió IVECAT, 2010).

Per tant, es conclou que durant els pròxims anys és possible integrar els vehicles elèctrics sense inversions addicionals.

3.2.2.3 Integració de les energies renovables

La recàrrega del vehicle en horari nocturn possibilita l'ús d'energies renovables. D'aquesta manera redueix la dependència energètica del petroli i dóna valora afegit a la idea d'assolir un model de transport menys generador d'emissions de gasos.

3.2.2.4 Sistema d'emmagatzematge elèctric reversible (Vehicle to Grid)

Consisteix en la possibilitat de transferència d'energia des de les bateries des vehicles fins a la xarxa elèctrica en moments de màxima demanda.

3.2.3 Aspecte social

Els usuaris són l'element clau pel desenvolupament de la mobilitat elèctrica, és per això que des de les administracions es fa un treball d'informació i incentivació per ajudar a superar les barreres actuals que frenen la compra de vehicles elèctrics. .

Entre els factors de fre de la mobilitat elèctrica apareix la limitada autonomia del vehicle; l'elevat cost del vehicle en el moment de la compra en comparació amb un vehicle de combustió interna amb major prestacions; la limitada infraestructura de recàrrega pública existent; i sobretot el desconeixement sobre el funcionament i las avantatges associades al vehicles elèctric.

3.3 INFRAESTRUCTURA MOBILITAT ELÈCTRICA

El vehicle elèctric, com tot vehicle de combustió, requereix la disponibilitat d'una font de subministre d'energia per la seva recàrrega. Les fonts de subministre potencials són milions (pràcticament qualsevol endoll és vàlid per recarregar un vehicle elèctric), però el gran repte és fer que aquestes fonts de subministre estiguin disponibles pels clients i, no solament això, sinó que suposin una alternativa còmode pel mateix en termes d'accessibilitat i ús.

La figura 3.8 mostra les diferents modalitats d'infraestructura de recàrrega per donar servei als diferents segments de clients existents.

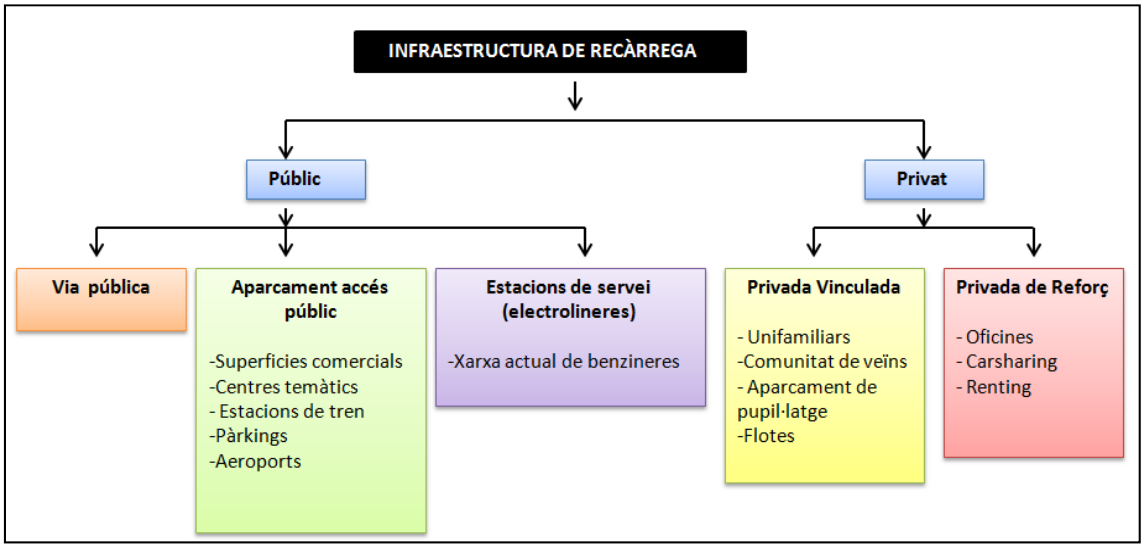


Figura 3.8. Esquema Infraestructura de recàrrega.
Font:Pallisé et al., 2010 i elaboració pròpia.

La infraestructura privada és la principal via de recàrrega dels vehicles, doncs l'objectiu d'aquesta és que cada usuari pugui recarregar amb el mode càrrega lenta el seu vehicle a casa,

en aparcaments privats, lloc de treball, etc., és a dir el lloc on els vehicles estarà més hores aparcat i, per tant, amb un temps més llarg de càrrega.

La disponibilitat d'infraestructura pública, és a dir de lliure accés pels propietaris de vehicles elèctrics, dóna la possibilitat a aquests propietaris d'accedir a la recàrrega del seu vehicle en el transcurs de la jornada de treball o d'oci. Aquesta idea permet a l'usuari allargar l'autonomia del vehicle adaptant el seu recorregut als punts de recàrrega intermitjos que existeixi en el seu trajecte.

Aquesta infraestructura es pot localitzar tant en la via pública, és a dir zones o àrees d'aparcament amb "sistemes de proveïment elèctric" (càrrega lenta), com en àrees d'aparcament que disposen d'un volum elevat de vehicles (càrrega lenta o semi-ràpida) o en estacions de servei (càrrega ràpida).

3.4 GESTORS DE RECÀRREGA

La figura de gestor de recàrrega neix a partir l'aprovació del RDL 6/2010 que modifica la Llei 54/1997 del Sector Elèctric.

Segons l'article 23 de RDL 6/2010: "*els gestors de recàrrega són aquelles societats mercantils que, sent consumidors, estan habilitats per la revenda d'energia elèctrica per a serveis de recàrrega energètica així com per a l'emmagatzematge d'energia elèctrica pe a una millor gestió del sistema elèctric*"(*Espanya, 2010*).

El model de negoci dels gestors de recàrrega passa per oferir el servei de recàrrega de vehicles elèctrics, i engloba la instal·lació, explotació i manteniment de les infraestructures de recàrrega que seran usades.

CAPÍTOL 4. ESTRATÈGIES D'IMPLANTACIÓ DE LA MOBILITAT ELÈCTRICA URBANA

Cada ciutat té unes característiques pròpies, ja sigui espai disponible, activitats econòmiques, distàncies a recórrer, hàbits de la població, etc. que fan que la gent actuï i tingui unes necessitats de mobilitat diferents. Com a exemple, no hi hauran els mateixos hàbits de mobilitat en una ciutat gran amb elevada oferta de transport públic i una forta activitat econòmica, que una ciutat petita on no hi ha gairebé activitat comercial, ja que es classifica com una ciutat dormitori, i la gent s'ha de desplaçar a una altra ciutat cada dia per anar al seu lloc de treball.

Per tant, per poder definir amb èxit una estratègia d'implantació de la mobilitat elèctrica urbana s'ha d'analitzar les característiques i necessitats del territori i elaborar una estratègia consensuada per tots els agents socials, econòmics i polítics que satisfaci les necessitats globals del territori.

En aquest capítol es pretén senyalar diferents estratègies i escenaris d'implantació de la mobilitat elèctrica urbana, que serveixin de base per a poder definir una possible estratègia per a un territori determinat. S'entén per estratègia a aquelles accions planificades encaminades a una finalitat determinada, que en aquest cas serà la implantació del vehicle elèctric.

4.1. ALTERNATIVES D'IMPLANTACIÓ DEL SISTEMA D'INFRAESTRUCTURES DE MOBILITAT ELÈCTRICA

4.1.1 Alternatives segons el mode de transferència d'energia

Un factor important a tenir en compte per poder definir una estratègia d'implantació de la mobilitat elèctrica en un territori és el mode de transferència d'energia que es farà ús, és a dir la infraestructura que serà utilitzada per a realitzar les recàrregues dels vehicles.

En el capítol 3 del present document s'han definit 5 modes de transferència:

- Càrrega conductiva
- Càrrega inductiva
- Intercanvi de bateries
- Pila d'hidrogen
- Combustible recarregable amb elèctrodes líquids

Actualment el mode de càrrega conductiva és el que més s'ha desenvolupat, això és així perquè la base d'aquesta infraestructura ja existeix, la xarxa elèctrica arriba a gairebé tots els punts del territori, i la inversió a realitzar en la infraestructura no és excessivament alta respecte els altres modes de transferència energètica.

En el capítol 3 del present document s'ha comentat que les infraestructures i instal·lacions utilitzades per a realitzar la càrrega conductiva varien segons la velocitat de recàrrega que es proporciona i el mode de recàrrega. A mode d'exemple, des del punt de vista econòmic, es pot considerar que el cost d'inversió inicial d'un punt de recàrrega vinculat (mode 1 i mode 2) està

al voltant de 1.000 euros i el seu manteniment anual al voltant d'un 1% del seu cost total. Per a un punt de recàrrega en mode 3 (recàrrega semi-ràpida) s'estima que el cost d'inversió inicial és de 10.000€ i el manteniment al voltant d' un10% del seu cost total, aquest valor és superior ja que són infraestructures públiques i estan a l'abat de tothom, per tant es considera que podran haver més problemes i possibles actes de vandalisme que es tenen inclosos en aquest concepte de manteniment. En quant a les infraestructures de càrrega ràpida (mode 4) el cost d'inversió inicial s'estima al voltant de 40.000 euros i un cost de manteniment del 10% del cost total de la infraestructura, igual que la infraestructura per mode 3. Cal comentar que la majoria de vehicles elèctrics tenen un carregador incorporat que fa ús d'un rectificador per a transformar la corrent alterna de la xarxa elèctrica en corrent contínua, que és l'apropiada per a la recàrrega de les bateries. Però existeixen alguns vehicles que no incorporen aquest rectificador sinó que aquest dispositiu ho incorpora la infraestructura de càrrega, aquesta és un tipus d'infraestructura de càrrega ràpida. Aquest aspecte repercuteix en un encariment del cost d'aquesta infraestructura però en canvi redueix el preu de compra del vehicle ja que no serà l'usuari qui haurà de pagar per aquest transformador.

Un altre aspecte important a tenir en compte en el mode de càrrega conductiva és que, a dia d'avui, encara no s'ha realitzat una estandardització dels tipus d'endolls a utilitzar per a la recàrrega dels vehicles, per tant no totes les infraestructures són aptes per a tots els vehicles. El propietari d'un vehicle elèctric solament podrà recarregar-lo en les instal·lacions que siguin adequades per al seu endoll o endolls (alguns vehicles són compatibles amb més d'un tipus d'endoll).

Tot i això, s'està realitzant una forta aposta per aquest mode de transferència energètica, a tots els països on hi ha un mercat de vehicles elèctrics han implantat la càrrega conductiva com a infraestructura base de recàrrega ja sigui amb càrrega lenta o ràpida.

La càrrega inductiva és un sistema ja utilitzat per altres sectors des de fa anys, per exemple des de principis de 1990 s'utilitza per fer la recàrrega de raspalls de dents, però en el sector de l'automoció elèctrica encara està en desenvolupament. Aquest mode de transferència energètica, tant en la modalitat de càrrega inductiva estàtica com dinàmica, aporta senzillesa, comoditat i seguretat a l'usuari al no haver de connectar cap cable per fer la transferència d'energia, a més no produeix cap impacte visual negatiu en el paisatge urbà al estar tots els dispositius soterrats en el paviment. Des del punt de vista de l'explotador de la infraestructura, la càrrega inductiva suposa l'avantatge d'estar molt ben protegida davant el vandalisme, ja que aquest sistema es troba encastat al terra i aïllat dels elements climàtics. Però aquest sistema requereix de més elements, més convertidors, major corrent pel sistema d'acoblament i un sistema d'acondicionament previ a la càrrega de les bateries, els quals fan que augmenti la complexitat i el cost de fabricació del sistema, a més cal afegir que aquest mode de transferència té una menor eficiència (90%) que el mode de càrrega.

Encara que no sigui el mode de transferència més estès actualment, algunes marques com Volvo o Toyota, s'estan implicant per a millorar aquesta tecnologia. També cal comentar, que aquest mode està sent provat a diverses ciutats, com ara Anglaterra, Alemanya, Corea del Sud i Màlaga. Aquesta última està desenvolupant el projecte Victoria, que consisteix en crear un carril de càrrega elèctrica per inducció dinàmica en el qual un autobús elèctric urbà podrà recarregar-se mentre realitza el seu trajecte, més la instal·lació de càrrega inductiva estàtica a diferents parades del trajecte de l'autobús.

En quant al tercer mode de transferència d'energia comentat, l'intercanvi de bateria, cal comentar que el cost de capital de les instal·lacions per donar una bona cobertura a l'usuari és elevat. Les instal·lacions han de tenir emmagatzemades una quantitat de bateries carregades per poder donar el servei ràpid que esperen els usuaris, ja que com s'ha comentat en el capítol

estat de l'art, aquest sistema ofereix un servei de canvi de bateria en el mateix temps o inclús menys del que es triga actualment en omplir el dipòsit de benzina. Segurament aquestes bateries es carregaran en horari de màxima demanda, aspecte que no afavoreix l'eficiència energètica del territori i tampoc al preu que haurà de pagar l'usuari per fer l'intercanvi de la bateria del seu vehicle. Una altra problemàtica que existeix en aquest model de recàrrega és que no existeix una estandardització de bateries, per tant la infraestructura utilitzada no és compatible amb totes les marques del mercat, d'aquesta manera és molt difícil que aquesta infraestructura i per tant negoci pugui ser rentable, ja que està limitat a un grup específic de vehicles i competeix amb els altres models de recàrrega més senzills i aptes per a tot tipus de vehicles.

La pila d'hidrogen, a dia d'avui, resulta massa complexa i cara com per que sigui realment una competidora amb els altres modes de transferència energètica. Els vehicles amb pila de d'hidrogen tenen l'avantatge d'una major autonomia i una recàrrega molt ràpida, similar al temps necessari per omplir el dipòsit de benzina. Però, encara que l'eficiència total és molt superior a un vehicle de combustió interna, de moment no supera a un vehicle elèctric amb energia emmagatzemada en bateries. Des del punt de vista econòmic, els vehicles elèctrics amb pila d'hidrogen són molt més car que els vehicles elèctrics, mentre que un cotxe elèctric de bateries ed mida mitja i uns 140 CV pot costar , sense subvencions, al voltant de 36.000 euros, el cotxe de pila d'hidrogen equiparable costa més de 100.000 euros, això és degut a que part dels seus catalitzadors (materials que faciliten les reaccions químiques) són molt escassos i cars. (Ibañez, 2011).

A més, cal esmentar que el procés d'electròlisi per obtenir l'energia elèctrica exigeix un gran esforç energètic, per tant aquest procés podria representar un balanç d'emissions global major al de combustibles fòssils, si no es prioritza que la seva obtenció es realitzés mitjançant la utilització d'energies procedents de fonts renovables. És per això, que aquest mode de transferència d'energia no és encara una opció dins el camps dels vehicles elèctrics. Com a mínim, s'ha de seguir investigant per millorar el seu rendiment, reduir l'elevat cost, augmentar la fiabilitat i durabilitat i reduir el pes.

El mode de transferència d'energia amb combustible recarregable amb elèctrodes líquids és una nova bateria que actualment està en vies de desenvolupament. Aquest tipus de bateria podria permetre autonomies de 900 km per càrrega, i el temps d'espera pel servei de recàrrega del líquid dels elèctrodes seria el mateix que el temps que es fa ús actualment per omplir el dipòsit de benzina. Per tant, amb aquest mode de transferència energètica es resoldrien dos dels grans reptes que actualment es té en el vehicle elèctric, la limitada autonomia i els temps de recàrrega. Tot i que sembla ser una bona aposta, encara està en les primeres vies d'investigació i a curt termini es inviable poder tenir aquesta bateria al mercat.

Per tant, un cop realitzat l'estudi d'escenaris segons el mode de transferència d'energia, es pot concloure que en l'escenari actual, la tecnologia viable en la qual s'està recolzant el mercat de vehicles elèctrics per poder créixer és el mode de càrrega conductiva, ja que és el més generalitzat mundialment i ofereix solucions ràpides a l'incipient mercat. Cal comentar que tots els modes estan en contínua evolució, i encara no es pot afirmar que un d'ells sigui millor que un altre. Així doncs, les bateries d'hidrogen i la recàrrega de bateria amb combustible recarregable amb elèctrodes líquids no són viables a curt termini. En quant al mode de càrrega inductiva i l'intercanvi de bateries, es pot afirmar que estan més desenvolupades que les anteriors, però tenen més inconvenients que la càrrega conductiva, ja sigui pels diferents models existents de bateries com per l'excessiu cost de les infraestructures i instal·lacions necessàries per portar a terme la recàrrega o canvi de bateria del vehicle elèctric.

4.1.2. Escenari segons el mode de càrrega conductiva

Tal i com s'ha comprovat en el punt anterior, el mode de càrrega conductiva és, actualment, el mode de transferència d'energia més desenvolupat i utilitzat. Dins d'aquest existeixen diferents modes de recàrrega ja descrits en el capítol 3 del present document, que es diferencien per la velocitat de càrrega, els tipus de connectors i pel diferent tipus d'ús que l'usuari farà d'ells.

- Mode 1: càrrega lenta en corrent altern amb presa estàndard no específica per a vehicle elèctric. Limitada a una intensitat de 16 A i una potència de 3,7 kW.

- Mode 2: càrrega lenta en corrent altern amb presa estàndard no específica per a vehicle elèctric. Limitada a una intensitat de 32 A i una potència de 3,7 kW a 22 kW.

- Mode 3: càrrega semi-ràpida (monofàsica o trifàsica) amb presa de corrent específica per a vehicle elèctric. Limitada a una intensitat de 32 fins a 63 A i una potència de 7,4 fins a 14,5 kW en corrent monofàsica i de 22kW fins a 43,5 kW en corrent trifàsica.

- Mode 4: càrrega ràpida en corrent continu amb presa específica per a vehicle elèctric, amb un grau de comunicació amb la xarxa elevat. Fa ús de corrent continu amb una intensitat a partir de 64 A i una potència a partir de 50kW fins a 240 kW i en corrent altern amb una potència de 44 kW fins a 220 kW.

Els modes 1 i 2 són de càrrega lenta, per tant el vehicle necessita estar moltes hores connectat a la infraestructura que transfereix l'energia per poder carregar la bateria, per això l'usuari farà ús d'aquests modes quan el vehicle estigui aturat durant molt de temps, com per exemple durant les nits.

El mode 3 es considera per a càrrega semi-ràpida, la qual en 1-2 hores ofereix una autonomia de 50-100 km a la bateria. L'usuari farà ús d'aquesta mode de càrrega conductiva mentre realitza altres activitats normalment a hores diürnes, es considera com un suport a l'autonomia de la bateria.

El mode 4 és de càrrega ràpida, ofereix l'oportunitat de carregar la bateria en poc temps, en 30 minuts la bateria està carregada. Els usuaris fan ús d'aquesta quan adverteixen que tenen poca bateria i necessiten carregar perquè sinó poden quedar-se sense bateria i sense poder moure el vehicle. Aquest mode de càrrega s'utilitza mentre els vehicles estan de pas, és a dir mentre els usuaris realitzen els trajectes amb els seus vehicles, normalment en horari diürn. Al ser un mode de càrrega de pas es farà ús de la infraestructura corresponent que estigui més a prop en el moment de la necessitat, és a dir no hi ha una infraestructura vinculada per a cada vehicle sinó que és pública y pot ser utilitzada per qualsevol usuari.

Des del punt de vista energètic s'han de tenir dos consideracions, l'hora en que es fa la recàrrega i el mode de càrrega utilitzat. Si la recàrrega del vehicle es fa durant la nit, és a dir en hores vall de demanda d'energia (01:00-07:00), i a velocitat lenta, tal i com es faria amb els modes 1 i 2 de càrrega, la corba de demanda d'energia no es veuria impactada negativament, no és el mateix cas que amb els altres modes de càrrega que majoritàriament s'utilitzen en hores de màxim consum energètic.

El mode 1 i 2, al ser una càrrega lenta i vinculada, el vehicle elèctric es carrega a domicili durant les hores nocturnes. Durant aquestes hores, la corba de demanda energètica diària mostra una vall de demanda, per tant el consum d'energia per part dels vehicles homogeneïtzaria la corba evitant la gran diferència entre la demanda en hores pic i hores vall.

Cal esmentar que els aspectes de requerir poca potència i moltes hores per recarregar la bateria contribueixen a que la demanda d'energia sigui més distribuïda durant tota la nit, i la possibilitat de fer ús de recursos naturals.

En canvi, quan es fa ús de càrrega semi-ràpida (mode 3) i ràpida (mode 4), majoritàriament es fa en hores de màxim consum d'energia, ja que són les hores diürnes en que la població realitza els seus desplaçaments, és a dir, els dies laborables a partir de les 19:00 i els caps de setmana. Durant aquestes hores, la càrrega de vehicles en mode 3 i 4 provocaria increments puntuals de demanda d'energia sobre la demanda actual que contribueix a accentuar encara més la diferència de demanda energètica entre hores pic i vall. Per tant implicaria una gestió ineficient de l'energia, i la necessitat de sobreproducció d'energia i sobredimensionament d'infraestructura per subministrar l'energia demandada.

Des del punt de vista econòmic, tal i com s'ha comentat, realitzar la càrrega de vehicles elèctrics en horari nocturn no requereix, inicialment, de més infraestructures de producció d'energia. En canvi per assolir la demanda energètica en hores pic sí seria necessària més infraestructura, aspecte que repercutiria en el preu final del kW. Un altre aspecte a tenir en compte és que cada mode de recàrrega requereix una potència de subministrament, així doncs, la potència contractada per escomesa dependrà del mode de càrrega d'aquella infraestructura, i quan més alta sigui aquesta repercutirà més negativament en el preu final del kW, ja que el terme de potència per escomesa serà més alt. Un altre aspecte a tenir en compte que repercutirà en el factor econòmic són les infraestructures, el cost de manteniment i de servei és molt superior en infraestructures públiques que ofereixen el mode de càrrega 3 i 4 que no pas la infraestructura de càrrega lenta. I per últim cal esmentar que actualment existeixen diferents tarifes horàries per consum d'electricitat, en les quals l'horari nocturn és més barat respecte de les hores diürnes. Per tant, el mode 1 i 2 de càrrega beneficien econòmicament a l'usuari, amb una carrega lenta i en horari nocturn i amb una infraestructura bàsica la qual no requereix de gestor, en canvi la càrrega en mode 3 i sobretot en mode 4 és molt més cara, degut al cost de servei i manteniment.

Des del punt de vista de l'usuari, l'escenari d'utilització del mode 1 i 2 de càrrega conductiva no és el millor, l'usuari hauria de fer un canvi de mentalitat respecte el concepte de mobilitat actual. Els usuaris de vehicles elèctrics haurien de planificar els seus desplaçaments i saber l'energia que necessiten per assolir-los, per poder decidir si ho poden realitzar amb una sola càrrega, o si necessiten de l'ajuda d'una càrrega d'oportunitat, etc. Seguint en aquesta línia, l'usuari de vehicle elèctric hauria de canviar la mentalitat actual d'omplir el dipòsit de benzina, per recarregar les bateries quan sigui necessari amb la suficient energia per poder assolir el desplaçament del dia següent, d'aquesta manera s'evitaria nous pics en la corba de demanda energètica, ja que no tothom carregaria al mateix moment. Per tant, la planificació dels desplaçaments i la barrera psicològica de la poca autonomia del vehicle elèctric, són obstacles que la infraestructura de càrrega en mode 3 i 4 ajuden a pal·liar.

Així doncs, com a conclusió d'aquest punt es pot extreure que els modes de càrrega 1 i 2, és a dir càrrega lenta en horari nocturn és la que globalment afavoreix més des del punt de vista d'eficiència energètica i econòmic. Però l'usuari necessita dels modes 3 i 4 per complementar la càrrega. Per tant, actualment, és necessari dotar a l 'usuari de tots els modes de càrrega.

4.2. ESCTRATÈGIES D'IMPLANTACIÓ D'INFRAESTRUCTURA DE MOBILITAT ELÈCTRICA

Un cop realitzat l'estat de l'art del vehicle elèctric, la figura del gestor de recàrrega, la mobilitat elèctrica urbana i la infraestructura necessària per portar a terme aquesta, en aquest apartat es persegueix exposar diferents estratègies d'implantació de mobilitat elèctrica totalment diferents, i realitzar un anàlisi qualitatiu per poder identificar la millor estratègia d'implantació d'aquesta en una ciutat.

El mode de transferència d'energia utilitzat per realitzar aquestes estratègies és el mode de càrrega conductiva, degut a que actualment és el més desenvolupat i pel que s'està apostant a curt termini, tal i com es comenta en el punt anterior.

4.2.1. 100% Infraestructures de càrrega mode 1 i mode 2 (càrrega lenta)

Si es planteja una estratègia d'implantació d'infraestructura on aquesta és 100% càrrega lenta, és a dir infraestructura vinculada i suposadament utilitzada en horari nocturn, des del punt de vista energètic és la més beneficiosa, permet realitzar una gestió eficient de l'energia. Com s'ha comentat anteriorment, ajudaria a homogeneïtzar la corba de demanda energètica, sempre i quant no hi hagi tal volum de vehicles que faci superar la demanda i pugui desestabilitzar la corba de demanda d'energia creant un nou pic a les hores nocturnes. Augmentaria l'ús d'energies renovables, fet que afavoriria molt positivament l'impacte ambiental en les zones de generació d'energia, aspecte que no succeeix quan es fa ús d'energia que no prové de fonts renovables.

Quan es planteja aquesta estratègia, un aspecte molt important a tenir en compte és la infraestructura i la ubicació d'aquesta. Es considera infraestructura vinculada, tal i com s'ha comentat en apartats anteriors, aquesta infraestructura ha d'anar ubicada en els pàrkings privats de les vivendes, comunitats de veïns o pàrking de flotes, on cada vehicle elèctric té vinculat un endoll per a realitzar la recàrrega de la bateria. Actualment hi ha un gran tant per cent de vehicles que s'estacionen en pàrkings privats durant les nits, però hi ha una part de la població que no tenen plaça de pàrking i el seu vehicle està estacionat a la via pública. Aquesta part de la població no pot quedar exclosa de l'estratègia, per això una possible solució seria tenir infraestructura de càrrega lenta en pàrkings d'oficines, per tal que el treballador pogués recarregar el seu vehicle mentre està treballant. Aquesta solució no és òptima des del punt de vista energètic, ja que augmentaria la demanda d'energia existent en hores diürnes, i augmentaria la diferència entre hores pic i vall. Aquesta infraestructura vinculada de reforç no es considera com a solució única sinó que es considera com un complement a la càrrega vinculada privada. En quant al connector, aquest tipus d'infraestructura de càrrega conductiva fa ús d'un connector estàndard (Schuko), i a més com que la infraestructura és vinculada, cada vehicle tindrà l'adaptació al seu endoll, per tant aquest no és un aspecte que afecti a l'estratègia.

Des del punt de vista de l'usuari, aquesta estratègia requereix un esforç de canvi de mentalitat i planificació dels desplaçaments. No tots els desplaçaments són possibles amb vehicle elèctric, ja que la bateria té una autonomia determinada i no podrien carregar sempre que ho necessitin, per tant per a trajectes llargs l'usuari hauria de preveure-ho i fer ús d'un altre sistema de transport. Per tant, el vehicle elèctric passa a ser un utilitari per realitzar els trajectes diaris, la mentalitat d'un vehicle per a tot quedaria obsoleta en aquesta estratègia. Al no trobar punts de càrrega públics on realitzar una càrrega de reforç, la barrera psicològica de la poca autonomia del vehicle no es veuria pal·liada amb aquesta estratègia. Per aquestes raons els usuaris no es sentirien totalment segurs i còmodes amb aquest escenari

d'implantació de mobilitat elèctrica, i això repercutiria en la venda i creixement d'aquest sector.

Per una altra banda, la construcció, manteniment i explotació de la infraestructura associada a aquests modes de càrrega (mode 1 i mode 2) no és complexa ni excessivament cara. La llei permet a l'usuari utilitzar l'energia per carregar el seu propi vehicle elèctric sense haver d'informar a la Comissió Nacional d'Energia sobre el punt de recàrrega i l'energia subministrada per aquest. Per tant, per aquest tipus d'estratègia no seria necessària la figura del gestor de recàrrega. No obstant, si aquest volgués implantar el seu negoci en aquest escenari, a apart de realitzar la gestió dels punts de recàrrega hauria de proporcionar algun servei extra al client per tal de donar facilitats i resposta a les limitacions que té un usuari al comprar-se un vehicle elèctric. A mode d'exemple el servei extra podria ser descomptes amb empreses de lloguer de cotxes per si l'usuari necessita un vehicle per realitzar un trajecte llarg, assistència en carretera per si el cotxe es quedés sense bateria, etc.

Com a conclusió, aquesta estratègia a més de millorar l'impacte ambiental de les ciutat per l'ús de vehicle elèctric, també milloraria el sistema energètic i es veuria reduït l'impacte ambiental a les zones d'origen de l'energia, però seria difícil d'implantar perquè requereix un esforç exigent a la població i no satisfaria les necessitats de l'usuari.

4.2.2 100% Infraestructures de càrrega mode 4 (electrolineres)

En una estratègia on tota la infraestructura de recàrrega sigui càrrega ràpida(mode 4), l'usuari no hauria de canviar molt la mentalitat en quant a la recàrrega, ja que aquest s'assembla molt a l'actual sistema de proveïment de benzina, però amb uns temps d'espera més alts. Per tant l'usuari no necessita d'un esforç extra de planificació i pot adaptar la seva vida actual fàcilment al nou model de mobilitat que aporta aquesta estratègia.

En contrapartida, el preu de la recàrrega serà més alt que en l'escenari anterior i podria arribar a no ser competitiu amb el preu de la benzina. Això és degut a que el cost de la infraestructura, explotació i manteniment d'aquesta és bastant superior que la infraestructura vinculada. El que més encareix aquest escenari és el cost d'explotació de la infraestructura, al ser punts de recàrrega amb una potència de 50 kW per endoll, el preu del terme de potència per endoll és molt alt tant si es fa ús d'aquesta com si no, per això per a que sigui un negoci rentable és obligatori que el preu de servei de l'energia sigui elevat.

En aquesta estratègia és obligatòria la figura del gestor de recàrrega, ja que no hi ha dubte que es dóna la situació de transmissió d'energia per un intermediari entre el mercat i o el comercialitzador i el consumidor final, tal i com es comenta el capítol 3 de l'estat de l'art. Serà el gestor de recàrrega juntament amb l'administració qui decidirà quants i en quin lloc col·locar els punts de recàrrega ràpida, però hauran de tenir en compte la ubicació i l'espai necessari tal i com es comenta en aquest apartat.

El factor d'ocupació d'espai públic per part de la infraestructura i els vehicles que l'estan utilitzant és fonamental per aquest escenari. Aquesta ocupació seria aproximadament igual que la de les benzineres, per a cada punt de recàrrega es necessita un espai reservat per l'estacionament del vehicle més el sortidor d'energia. A l'haver de destinar un temps superior a l'actual temps necessari per omplir el dipòsit de benzina (aproximadament 30 minuts), seria convenient que la localització d'aquestes instal·lacions estigués pròxima a centres d'entreteniment, per a que l'usuari pogués dedicar aquell temps a realitzar altres activitats, i d'aquesta manera

Un altre factor clau és el número de punts de recàrrega ràpida que serien necessaris instal·lar. La xarxa instal·lada de punts de recàrrega ràpids hauria de cobrir les necessitats dels usuaris, hauria d'anar creixent respecta augmenta el parc automobilístic elèctric,però prèviament s'hauria de crear una xarxa bàsica que aportés seguretat i confiança a la població per adquirir un vehicle elèctric. Cal tenir en compte que al ser l'únic sistema de recàrrega i amb un temps d'espera elevat respecte l'actual sistema de proveïment de benzina, s'hauria d'evitar la formació de cues d'espera i un grau d'utilització de la infraestructura molt elevat.

Per últim en quant a infraestructura, cal comentar que actualment existeixen dos tipus de connectors estàndards per a realitzar la càrrega ràpida (connector CHAdeMO i connector Combo). Aquest fet impacta negativament en l'estratègia d'implantació, ja que no tots els vehicles podran carregar les seves bateries en qualsevol infraestructura. Per tant, en aquest punt existeix una difícil situació on s'haurà de decidir si apostar per un tipus de connector i fer que els usuaris amb vehicles no compatibles amb aquesta infraestructura hagin de proveir-se d'un transformador, o realitzar una estratègia amb els dos tipus de connectors i córrer el risc de que un dels dos pugui quedar obsoleta en uns anys i no doni servei perquè no hi ha cap vehicle que la utilitzi.

El gestor de recàrrega actua com una empresa privada i realitza les funcions de gestió, manteniment i explotació de la infraestructura, així doncs com a tal ha de treure beneficis. Per això, aquest haurà de crear un model de negoci que sigui rentable econòmicament i proporcioni el número d'infraestructures necessari per a donar servei als clients de la seva xarxa d'infraestructures sense realitzar llargues cues d'espera, però que sigui un número d'infraestructures ajustat per no tenir excedent d'aquestes i el cost de manteniment sigui molt superior al de beneficis.

Normalment, aquest tipus de recàrrega es realitzaria durant les hores de màxima demanda energètica, això afavoriria a un increment en la diferència de demanda entre hores pic i vall, factor que impacta negativament en l'eficiència energètica. Cal comentar que al tenir més demanda d'energia, caldria sobredimensionar el sistema elèctric i no es faria ús d'energies renovables. Aquestes raons que aquest escenari des del punt de vista energètic i medi ambiental sigui totalment negatiu, sí que hi hauria millora local de la contaminació en el territori on es circula amb vehicle elèctric, però en el focus d'origen de l'energia s'empitjoraria.

Aquesta estratègia afavoreix la implicació de la població en l'ús del vehicle elèctric, facilita la recàrrega del vehicle i el canvi a la mobilitat elèctrica, però des del punt de vista energètic i econòmic no és la més convenient.

4.2.3. Mix d' infraestructures de recàrrega

Una estratègia on es combini de forma equilibrada infraestructura de càrrega ràpida (electrolineres), semi-ràpida (punts de recàrrega públics en pàrkings de centres comercials, etc.) i lenta (punts de recàrrega vinculat i vinculat de reforç) seria la més beneficiosa conjuntament. Aquesta estratègia es trobaria en mig de les dues anteriorment comentades.

La idea d'aquesta estratègia és que l'usuari del vehicle elèctric faci ús principalment de la infraestructura de càrrega lenta, principalment la vinculada ubicada als pàrkings privats, planifiqui els trajectes que vol realitzar al dia o dies següents i carregui el seu vehicle durant les nits afavorint l'eficiència energètica. Però excepcionalment, aquest pugui utilitzar la infraestructura pública en moments crítics com a recàrrega de recolzament o d'urgència. D'aquesta manera l'ansietat de l'usuari per la restringida autonomia de la bateria es veuria

pal·liada per la xarxa d'infraestructura pública de recolzament, perquè podria recarregar les bateries sempre que ho necessités.

Per una altre banda, des del punt de vista energètic, és clar que aquesta estratègia no és tan beneficiosa com l'estratègia número 1 (100% d'infraestructures de recàrrega mode 1 i 2). Però al fer un ús majoritari d'aquesta, el sistema elèctric no es veuria tan impactat com amb l'estratègia del 100% d'infraestructura de recàrrega mode 4. Cal comentar que l'ús de la infraestructura pública en aquest escenari serà en hores de màxima demanda, horari en que l'usuari fa ús del vehicle elèctric, per tant el poc ús que es pugui fer d'aquesta infraestructura impactarà negativament en sistema i eficiència energètica. És per això que s'hauria de penalitzar l'ús d'aquesta infraestructura per conscienciar a l'usuari de realitzar les recàrregues durant les hores de mínima demanda i de manera lenta i adonar-se que aquestes solament existeixen per moments crítics. Aquesta penalització podria ser, per exemple, amb un cost més elevat en el servei de recàrrega al fer ús d'aquesta infraestructura de tal manera que l'usuari no s'acostumés a carregar solament de la infraestructura pública. Cal tenir en compte que no és el mateix carregar en un punt de recàrrega vinculat de reforç en horari diürn com fer una recàrrega en una electrolinera, per això hauria de fer-se una regulació de preu per ús d'infraestructures tenint en compte l'hora de la recàrrega i a més el tipus d'infraestructura utilitzada. Així doncs, tant l'ús càrrega en mode 1 en hores no vall com l'ús d'infraestructures públiques quedarien agreujades per un sobrecost proporcional.

Tal i com succeeix en la estratègia anterior, la no regulació del tipus de connector a utilitzar comporta una dificultat en la implantació de l'estratègia, ja que l'usuari no es sent totalment segur en la compra del vehicle. És cert que aquesta estratègia potencia la càrrega lenta vinculada, però l'usuari necessita psicològicament de la infraestructura d'oportunitat que és la que té el problema amb el tipus de connector.

El gestor de recàrrega té un paper fonamental en aquest escenari. Igual que en l'escenari de 100% infraestructura de recàrrega ràpida, en aquest també ha d'existir aquesta figura ja que existeix la idea de venda d'energia a un tercer. Tal i com fa referència el capítol 3 del present document, el Reial Decret 647/2011 determina que tant els punts de recàrrega ràpida, com els que estan situats a la via pública, inclús els punts de recàrrega en pàrkings públics, centres comercials, hotels, etc. estan dins de l'abast de l'activitat del gestor de recàrrega. Però com ja s'ha comentat anteriorment, existeix una diferència d'opinions respecte l'existència d'aquesta figura en la gestió dels punts de recàrrega ubicats en centres comercials, hotels, etc., al determinar aquests que el seu servei no és per benefici econòmic, sinó que és un servei extra que volen oferir als seus clients.

Per tant el gestor de recàrrega ha de confeccionar un model de gestió que integri tots aquests tipus de recàrrega, i donar un servei global al client creant una xarxa que pugui abastir sense cap problema les seves necessitats.

4.2.4. Estratègies per tipus de ciutat

Un cop definides tres estratègies totalment diferents en quant a infraestructura, no es pot decidir categòricament quina és millor o no, aquest fet dependrà del territori on es vol implantar la mobilitat elèctrica.

Com a primer cas s'exposa una ciutat amb poc comerç i activitat, on la majoria de la construcció són vivendes unifamiliars o blocs de pisos, i la població activa ha de desplaçar-se cada dia per anar a la feina, i solament resideix per les nits i els caps de setmana, és a dir una

ciutat dormitori. En aquest context, es dóna el factor important de que la població passa la major part el dia treballant fora de la ciutat, per tant durant les hores diürnes hi haurà poc moviment de vehicles circulant. Però a l'arribar la nit, la població torna de la feina a casa i pot estacionar el seu vehicle en el pàrking, en el qual estarà estacionat fins al dia següent quan l'usuari torni a fer ús del vehicle per anar a la feina.

Per tant, sembla que la millor estratègia d'implantació d'infraestructura en aquest tipus de ciutat és una estratègia amb infraestructura vinculada de càrrega lenta. Els usuaris poden aprofitar les hores nocturnes per carregar el seu vehicle.

No tindria sentit aplicar una estratègia d'implantació d'infraestructura de càrrega ràpida ja que es faria un ús ineficient d'aquesta. Durant la major part del dia els punts de recàrrega ràpids no serien utilitzats, però a l'arribar l'horari de tornar de la feina es podrien veure col·lapsats per fer-ne ús molts usuaris en el mateix període de temps i es podrien crear cues d'espera.

A continuació, es presenta una ciutat amb molta activitat econòmica i comercial i poc dispersa. La infraestructura d'habitatges es caracteritza per ser una construcció vertical i poc espai per a vivendes unifamiliars i ús públic. En aquesta ciutat conviu la població resident, més la població treballadora que prové d'altres ciutats del voltant i els comerços i empreses. Cada dia en aquesta població hi ha molts desplaçaments, tant desplaçaments interns com entrades i sortides Per tant aquesta ciutat ha d'oferir diferents possibilitats de recàrrega.

La població resident, necessitarà com en el cas de ciutat dormitori, d'una infraestructura vinculada de càrrega lenta per poder carregar durant les nits, tant sigui en pàrkings privats de comunitats com en pàrkings públics de pupil·latge. En canvi, per aquells usuaris de vehicles elèctrics que solament van a la ciutat a treballar, si solament utilitzen el vehicle com a mode de transport fins al lloc de treball i després no el tornen a utilitzar fins que acaba la jornada laboral per tornar a casa, aquests en principi no haurien de necessitar cap infraestructura ja que amb la càrrega realitzada durant la nit en el seu propi domicili haurien de tenir suficient autonomia, però hi haurà un col·lectiu que podria necessitar la infraestructura de punts de recàrrega vinculats de reforç en les oficines perquè no tenen la possibilitat de realitzar la càrrega nocturna perquè no disposen de pàrking. Un altre col·lectiu són aquells treballadors que el vehicle és una eina de treball, com poden ser per exemple transportistes, repartidors, taxistes, etc. Aquests necessitaran infraestructures de càrrega ràpida o semi-ràpida per complementar la càrrega realitzada per la nit per si esgoten la bateria durant la jornada laboral abans de tornar a les seves respectives llars.

Per tant, es pot comprovar que en una ciutat amb molta activitat econòmica l'estratègia més adient a aplicar per satisfer les necessitats de tots els tipus d'usuaris seria la implantació d'un mix d'infraestructures de recàrrega.

Per últim una ciutat o zona industrial composta per fàbriques i empreses que necessiten d'un transport per fer el subministrament del seu producte, sembla ser que el que necessiten és infraestructura de càrrega ràpida per poder carregar les bateries sense invertir molt de temps i poder fer molts subministres en el dia. D'aquesta manera amb pocs vehicles podran cobrir la demanda del prducte. Així, en aquest tipus de zona el més convenient és seguir una estratègia d'implantació d'infraestructura de càrrega mode 4 (electrolineres).

4.3 EXEMPLES D'ESTRATÈGIES D'IMPLANTACIÓ DE MOBILITAT ELÈCTRICA

4.3.1. Estratègia basada en el desenvolupament de la infraestructura d'intercanvi de bateria

Better Place va ser la primera empresa amb una tecnologia d'intercanvi de bateries a l'any 2007. Better Place es va aliar amb Renault-Nissan per posar en marxa un projecte de vehicle elèctric, implantar una tecnologia d'intercanvi de bateries (veure figura 4.1).

Figura 4.1. Imatge d'una estació d'intercanvi de bateria Better place.
Font: Imatges Google.

Van construir la seva primera xarxa de serveis d'intercanvi de bateries a Israel, aquest era un mercat ideal on el 90% dels automobilistes recorren menys de 70 km al dia i on la distància entre les principals ciutats no supera els 150 km. El vehicle elèctric podia ser el medi de transport ideal i podia respondre a la majoria de les necessitats de la població en matèria de transport.

El model de negoci Better Place consistia bàsicament en un lloguer de bateries, els propietaris de vehicles elèctrics havien de pagar una quota d'acord amb el número de quilòmetres que farien, i cada cop que necessitessin carregar la bateria, aquesta es canviaria per una totalment carregada. Better Place inicialment ordenà 100.000 vehicles Renault, però l'alt cost de les instal·lacions, la baixa venta d'aquests i la no estandardització de les bateries d'altres marques de vehicles va fer que el projecte acabés en fallida. La infraestructura creada per Better Place no era compatible amb totes les bateries, degut a que cada marca de vehicles té el seu propi model de bateria.

Aquest és un exemple d'estratègia de mercat fallida ja que Better Place solament es va centrar en la creació de la infraestructura d'intercanvi de bateria, no va tenir en compte que cada marca crearia el seu model de bateria. Per tant, l'experiència extreta d'aquesta estratègia és que per implantar la mobilitat elèctrica en un territori, encara que es tingui una solució òptima que pugui donar resposta als grans reptes que sorgeixen, en aquest cas el temps d'espera en la càrrega de la bateria, s'ha de tenir en compte molts factors que estan íntimament relacionats, en aquest cas els tipus de bateries.

4.3.2. Estratègia basada en el desenvolupament de la infraestructura i del vehicle elèctric

L'empresa americana Tesla és una empresa fabricant de cotxes i infraestructures de recàrrega però que solament alimenten la bateria dels seus models.

En quant al vehicle, Tesla ha desenvolupat la seva pròpia tecnologia de nucli: les bateries, el motor elèctric i els sistemes per controlar-ho. Aquest desenvolupament i sobretot la tecnologia del seu paquet d'ió-liti, superior a qualsevol altre fabricant de vehicles, li ha donat un avantatge tant de cost com de rendiment, d'aquesta Tesla pot fabricar cotxes a millor preu que altres marques. Actualment, Tesla ofereix el cotxe model S i model X amb una bateria de 60 kWh i una autonomia de 330 km i una bateria de 85 kWh amb una autonomia de fins a 425 km. Aquests vehicles són un producte on la visió del luxe i la tecnologia s'ha concebut i ofert a l'usuari com una solució pràctica, lògica i sense aparents errors. Són gairebé més un gadget que un vehicle, i aquest aspecte agrada molt als clients. Com a referència, dir que el model S amb bateria de 60 kWh es ven a Europa per 60.000 euros (sense IVA).

En quant a infraestructura, aposta pels supercarregadors que permeten una recàrrega ultra-ràpida a 120 kW de potència en corrent continua i donen aproximadament 250 km d'autonomia en uns 20 minuts. Tesla també aposta pel seu sistema d'intercanvi de bateria, aprofita la infraestructura creada pels supercarregadors per poder carregar les bateries.

El model de negoci de l'empresa Tesla es basa en crear una gran xarxa de punts de servei d'intercanvi de bateria i/o de supercarregadors per a que els seus clients puguin circular sense la problemàtica de l'ansietat d'autonomia. Els propietaris de vehicles Tesla poden carregar les seves bateries amb els supercarregadors de forma gratuïta, però hauran d'invertir un temps d'espera, aproximadament de 30 minuts, mentre s'efectua la recàrrega. En canvi si els clients no volen esperar el temps de recàrrega, tenen l'opció de fer l'intercanvi de bateria, però en aquest cas hauran de pagar un cost, aproximadament 45 euros (preu similar al que costa omplir el dipòsit de benzina a Estats Units). Aquestes instal·lacions estaran ubicades en les instal·lacions existents de la infraestructura de recàrrega ultra-ràpida, cada instal·lació tindrà en magatzem unes 50 bateries totalment carregades per evitar problemes de disponibilitat.

Actualment, Tesla té 81 estacions de càrrega ultra-ràpida repartides per Amèrica del Nord, amb una cobertura total des de la costa Est fins a la costa Oest, i 14 estacions repartides entre Noruega, Alemanya i Holanda. Durant la segona meitat de l'any 2014 preveu construir la primera instal·lació d'intercanvi de bateries entre San Francisco i Los Ángeles. (veure figura 4.2).

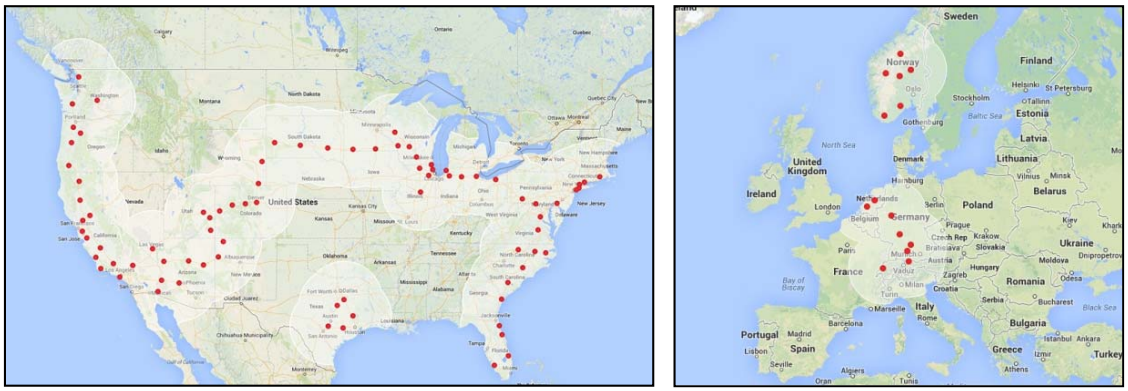


Figura 4.2. Estat actual de la xarxa de d'estacions de recàrrega ultra-ràpida Tesla a Estats Units (esquerra) i a Europa (dreta).
Font: Tesla.

La intenció d'aquesta companyia és donar una cobertura del 98% a Amèrica del Nord i alguna zona de Canadà a finals de l'any 2015. (Veure figura 4.3).

Figura 4.3. Previsió de punts de recàrrega ultra-ràpida a finals de l'any 2015.
Font: Tesla.

Amb el seu model de negoci i la seva marca, Tesla intenta crear una comunitat de clients amb idees afins, i reduir a mínims les pors per falta d'infraestructura de recàrrega o vida útil de la bateria. El secret resideix en la oferta d'un producte estudiat per les necessitats d'un tipus de client que busca una imatge de marca, serveis de fidelització i tecnologia.

Aquest exemple mostra una estratègia d'èxit que combina el desenvolupament del vehicle elèctric, de la infraestructura associada a aquest i la focalització a un tipus de client. Però en contrapartida, es demostra que un excés de punts de recàrrega ràpida provoquen que no hi hagi usuaris de vehicle elèctric amb infraestructura de càrrega vinculada, aquest fet no és bo energèticament ja que hi hauria un augment de demanda energètica provocant més diferenciació entre les hores pic i vall, ni mediambientalment perquè la producció de més energia obliga a fer ús de recursos de fonts no renovables.

4.3.3. Estratègia basada en el desenvolupament de vehicle elèctric

L'empresa Fisker Automotive va ser una start-up fundada per produir vehicles elèctrics. A mitjans de 2011 va sortir al mercat el Fisker Karma, un cotxe esportiu, híbrid amb autonomia estesa, format per dos motors elèctrics amb bateries de liti de 20 kWh que donen una potència conjunta de 408 CV i un motor de benzina turboalimentat 2.0 de 260 CV. El conductor pot escollir entre dos modes de conducció denominats Sport i Stealth. En el primer s'afavoreix que el vehicle aporti un major rendiment possible mentre que amb el segon es busca una conducció econòmica dins de les seves possibilitats. En mode "Stealth", quan únicament funcionen els dos motors elèctrics, el Karma té una autonomia d'uns 80 km, amb una velocitat màxima de 153 km/h. Però un cop esgotades les bateries, el motor tèrmic entra en funcionament per activar el generador elèctric i que el cotxe pugui seguir circulant. En mode "Sport", amb els motors elèctrics i el tèrmic funcionant a la vegada, el cotxe port recórrer fins a 480 km i arriba a una velocitat màxima de 200 km/h.

A diferència de la seva competidora Tesla, el model de negoci de Fisker va centrar-se més en l'aspecte de l'automòbil, i optar per dependre de tecnologia desenvolupada per altres proveïdors. Aquestes bateries (anomenades A123 Systems) en teoria havien de ser més segures pel seu disseny, però van resultar molt cares, al voltant de 3 vegades més que les bateries fabricades pel seu competidor.

El model Fisker Karma (figura 4.4) va resultar un vehicle pesat i lent degut les bateries i el motor de benzina per trajectes llargs, d'aquesta manera es va convertir en un cotxe de luxe sense tenir les característiques d'aquest. Cal esmentar que un altre punt dèbil d'aquest vehicle va ser que no tenia un client potencial tal i com ho té la marca Tesla, per tant no podia dirigir els seus esforços cap a un sector en concret. Per aquestes raons, al novembre de l'any 2013 aquesta companyia va fer fallida.

Figura No 4.4. Imatge del model Fisker Karma
Font: Fisker Autmotive.

Actualment, l'empresa xinesa Wanxiang Ameria Corporation ha comprat la marca Fisker per a seguir desenvolupant i millorant el model Fisker Karma, i treure a mercat el model Fisker Atlantic amb preu més assequible per l'usuari.

En aquest exemple es pot observar que el model de negoci seguir per l'empresa Fisker, enfocat només en el desenvolupament del vehicle elèctric sense tenir en compte la infraestructura de recàrrega i l'usuari final no té èxit. Com ja s'ha comentat en l'exemple de l'empresa Better Place, la mobilitat elèctrica no és només desenvolupar el vehicle elèctric, sinó que hi ha molts factors a tenir en compte.

4.3.4. Estratègia de país basada en la implantació d'infraestructura de càrrega ràpida i beneficis socials.

L'estratègia d'impuls per part del govern d'Estònia ha estat crear una xarxa intensa de carregadors ràpids en tot el país, a més d'oferir ajudes de fins a un 50% del preu de compra dels vehicles elèctrics.

Des de febrer de 2013 Estònia compta amb una xarxa de 165 carregadors ràpids de corrent continua de 50 kW, connectada a Internet, subministrada i construïda per l'empresa ABB. Aquesta xarxa abasteix una superfície aproximada de 45.226 km2, amb un promig de 113,98 carregadors ràpids per milió d'habitants. Aquests punts de recàrrega s'han instal·lat en zones urbanes amb una població de 5.000 habitants i en les principals carreteres de tot el país, sent aquesta la concentració de carregadors de corrent continua més gran d'Europa actualment. La distància entre els punts de recàrrega és de 40-60km, per tant és possible que els vehicles elèctrics puguin viatjar a qualsevol lloc del país evitant quedar-se sense energia. Amb aquesta xarxa, el govern d'Estònia volia aconseguir pal·liar la problemàtica de l'ansietat d'autonomia del vehicle, i que aquest no fos un problema per a la població per adquirir un vehicle elèctric.

Dels 165 carregadors ràpids distribuïts per Estònia, 65 d'ells estan troben instal·lats en carreteres principals, s'ubiquen en zones amb freqüència de pas com per exemple benzineres, àrees de descans, etc. Els altres 100 estan instal·lats en ciutats, es construeixen en llocs propers on les persones van amb freqüència, com per exemple centres comercials, oficines de correus, pàrkings, edificis de bancs, etc. (veure figura 4.5).

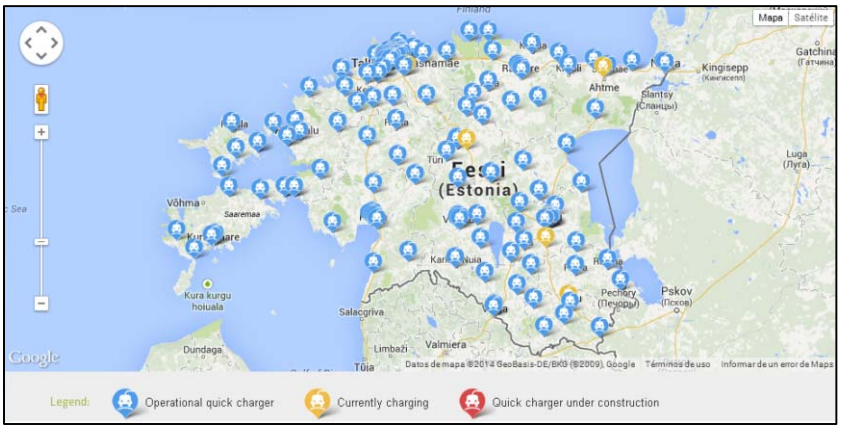


Figura 4.5. Esquema bàsic de la xarxa d'infraestructura de càrrega a Estònia. Font:Elmo.

Des de l'administració s'ha establert una forma de pagament uniforme, que aporta facilitat i valor a aquesta estratègia, és l'ús d'una única targeta amb diferents opcions de pagament, una càrrega pot costar entre 2,5 a 5 euros, encara que si es fa ús d'una quota mensual de 30 euros, es pot recarregar tantes vegades com es necessiti a través de tot el país.

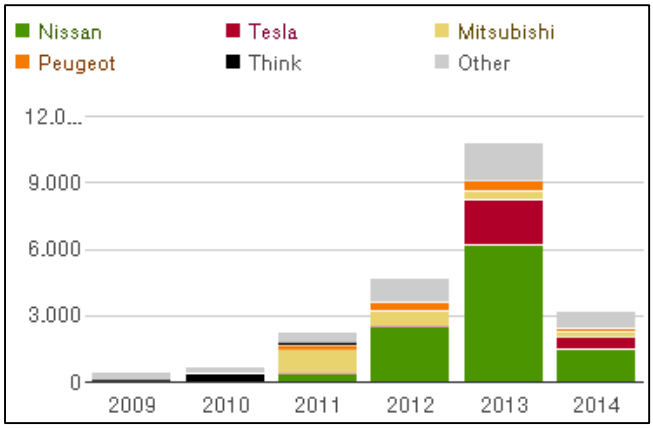
Amb aquestes estratègies d'incentivació, ajuda, facilitat d'ús i accessibilitat als punts de recàrrega, des de l'administració es vol aconseguir motivar als conductors a fer ús de vehicles elèctrics i incentivar a altres països a invertir en la seva pròpia infraestructura de recàrrega ràpida. De fet, l'any 2011 el Govern va pactar amb Mitshubishi la compra de 500 vehicles elèctrics, a principis de l'any 2013 havien registrats 619 vehicles elèctrics i al desembre de 2013 hi havia un total de 757 vehicles, per tant en l'últim any, des de l'implantació total de la xarxa de carregadors ràpids, el parc automobilístic de vehicles elèctrics va créixer en 138 unitats, amb 95 unitats venudes de Nissan Leaf, 22 vehicles Mia Electric, 20 unitats de Mitsubishi i-MiEV i 1 Tesla Model S. Estònia compta amb una proporció de 1,2 vehicles elèctrics cada 1.000 vehicles. (Pontes, 2014).

Del total de vehicles elèctric existents a Estònia, es podria dir que solament 257 unitats van ser comprades per privats o empreses en gairebé dos anys. Estònia és el segon país (Noruega el primer) en major proporció de vehicles elèctrics respecte el total de vehicles del parc automobilístic, però el 66% d'aquests pertanyen al Govern. Realitzant l'extracció dels vehicles que són propietat de l'Administració, queda una proporció de 0,4 vehicles elèctrics per cada 1.000 vehicles. Per tant no queda clar que l'estratègia seguida pel Govern hagi estat l'adequada tant en el tema d'implantació de punts de recàrrega ràpida com en estratègies d'incentivació, ja que el mercat de ventes de vehicles no ha experimentat una gran crescuda.

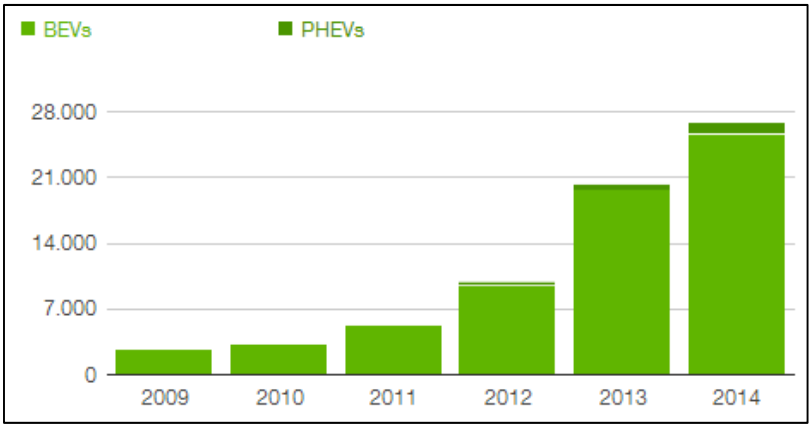
4.3.5. Estratègia de país basada en la implantació d'infraestructura de càrrega lenta i beneficis socials

Noruega s'ha convertit en l'epicentre mundial de la mobilitat elèctrica, aquest país té la major proporció de vehicles elèctrics per habitant del planeta, i és també l'únic mercat on la demanda de models elèctrics supera a la de vehicles de combustió.

Les dades obtingudes a data de maig de 2014 indiquen que aquest país té una flota de 25.710 vehicles elèctrics i només 1.176 híbrids circulant pel seu territori (*Gronnbil*, 2014). Noruega compta amb una proporció de 2,6 vehicles elèctric per cada 1.000 habitants (4 vehicles elèctrics cada 1.000 vehicles). Aquest país ha experimentat un creixement exponencial de venta de vehicles elèctrics des de l'any 2009, per exemple durant l'any 2013 es van vendre 10.788 unitats de vehicle elèctric. En els gràfics 4.1 i 4.2 es pot comprovar aquest fet.



Gràfic 4.1. Venta de vehicles elèctrics a Noruega des de l'any 2009 fins a març de 2014.
Font: Gronnbil.



Gràfic 4.2. Número de vehicles elèctrics acumulats a Noruega a data de maig de 2014.
Font: Gronnbil.

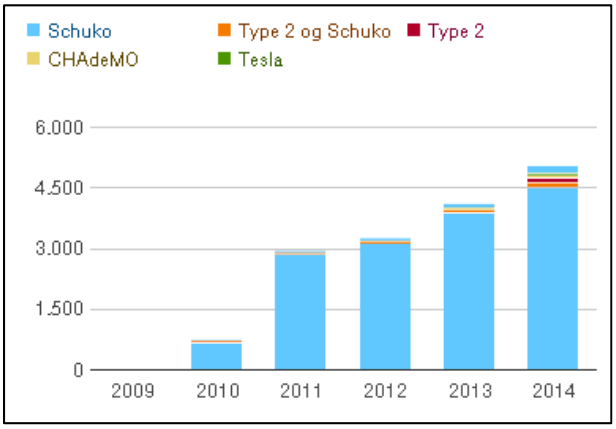
Els factors més importants per a que s'hagi donat aquesta situació són els beneficis fiscals i de circulació, la producció elèctrica neta i abundant, l'alta dosi de renta per càpita i la consciència social de la població.

Noruega és una de les societats més avançades, tecnològica i socialment, i amb millor economia del món. Aquestes característiques creen una bona base de partida per aquest mercat.

Aquest país és ric en recursos naturals, aconsegueix produir el 98% de la seva electricitat d'una manera neta, aprofitant la seva infraestructura de generació hidràulica. Des del Govern s'ha realitzat un estudi que indica que amb la producció anual d'electricitat actual (130-140 TWh) no hi hauria problemes per absorbir la demanda d'electricitat si tot el parc automobilístic privat fos elèctric (5 TWh/any). Com a conseqüència de la immensa producció d'electricitat, aquesta té un preu més assequible (0,1209 €/kWh) (*font: www.ssb.no/en/elkraftpris*), que la benzina (1,841 €/litre de benzina 95 sense plom) (*font: www.fuel-prices-europe.info).* Aquest és un altre factor a tenir en compte per donar resposta a aquest ús de vehicle elèctric tan alt respecte altres països.

També val a dir que el govern de Noruega ha aplicat una estratègia de beneficis fiscals i de circulació. Per exemple, els vehicles elèctrics estan exempts d'impostos, fins al punt que costen el mateix, o inclús menys, que els equivalents de combustió que suporten una gran càrrega impositiva. Un cop adquirit el cotxe, l'usuari no ha de pagar ni peatges ni el cost dels transbordadors, poden circular pels carrils reservat pel transport públic, aparcar en el carrer sense cost, inclús recarregar el seu vehicle en qualsevol punt de recàrrega públic sense haver de pagar l'electricitat.

La implantació de punts de recàrrega públics és un altre element essencial per aquesta estratègia d'èxit. A l'any 2010 superaven per poc les 700 unitats, però al mes de maig de 2014 ja tenien 5.350 punts de recàrrega públics distribuïts pel país (veure gràfic 4.3), dels quals 120 són punts de càrrega ràpida (76 CHAdeMO i 44 Tesla) i els altres són càrrega lenta. En quatre anys, el Govern va incrementar en un 720% l'oferta de punts de recàrrega per a que els usuaris de vehicle elèctric no tinguessin la preocupació de l'ansietat de l'autonomia.



Gràfic 4.3. Número de punts de recàrrega públics acumulats a Noruega a data de març de 2014.
Font: *Gronnbil.*

En l'àmbit domèstic no tenen problemes, és un país amb edificació dispersa on bona part de la població resideix en vivendes unifamiliars, no en edificis, i tenen garatges particulars on poden instal·lar-se punts de recàrrega vinculats sense dificultat.

Un altre factor fonamental per explicar aquesta gran implantació de mobilitat elèctrica a Noruega són els gairebé 25 anys d'experiència i coneixement del vehicle elèctric que ja tenia el país. Al 1989 existí el primer cotxe elèctric a Noruega, era un Fiat Panda reconvertit a elèctric en Suïssa amb el nom de Larel. A l'any 1994 es va posar en circulació el primer autobús elèctric; en 1996 s'eliminaren les taxes a la importació de models amb bateries i en el 1997 s'establí la gratuïtat de les carreteres de peatge pels conductors de vehicles elèctrics. Aquest fet de portar tants anys amb el vehicle elèctric integrat en la societat, ha fet que la població els conegui, sàpiga las avantatges que aporta al medi ambient i a la societat, no tinguin por d'ells i s'animin a comprar-ne perquè no és un producte desconegut per ells.

Un cop recollits tots els factors principals que han afavorit que Noruega sigui el centre respecte la mobilitat elèctrica, cal comentar que entre 2012 i 2013 es va realitzar un estudi a més de 1.800 noruecs conductors de vehicles elèctrics, per saber quina era la principal motivació de compra de vehicle elèctric. L'estudi va concloure que la principal motivació de compra de vehicle elèctric, amb un 41 % dels enquestats, va ser l'estalvi econòmic, i solament el 29% l'ecologia. Els beneficis més valorats van ser la gratuïtat dels peatges (22,5%), l'exempció d'impostos en la compra (15%), els baixos costos d'ús (més del 10%) i la possibilitat de circular pels carrils de transport públic (menys del 10%).

Com a primera conclusió d'aquest cas d'èxit d'implantació de mobilitat elèctrica s'extreu que un país amb una gran xarxa de punts de recàrrega públics i forta implantació de càrrega vinculada, el mercat de vehicles elèctrics purs és molt superior al de vehicles híbrids, per tant es demostra que els vehicles híbrids són una tecnologia de transcisió en països amb baixa infraestructura de punts de recàrrega. Com a segon a conclusió es pot afirmar que la l'estratèiga d'implantació d'infraestructura de càrrega lenta és un èxit. I per últim, que l'estratègia d'ajudes per part del govern ha donat fruit, i el fort estalvi econòmic que suposa és un altre factor clau per a que els habitants de Noruega donin el pas a comprar un vehicle elèctric.

4.3.6. Estratègia de país basada en la implantació d'infraestructura de càrrega ràpida i en la col·laboració entre Govern-empresa.

L'estratègia del Govern japonès per la implantació de la mobilitat elèctrica es basa en crear una gran xarxa d'infraestructura de recàrrega pública, i treballar de forma col·laborativa entre empreses i Administració per obtenir resultats que puguin beneficiar a tots, però sobretot a l'usuari. Per promoure aquesta estratègia, Japó compta amb un programa d'ajudes a empreses, per a la instal·lació de punts de recàrrega i no tant d'ajudes a l'usuari final per la compra del vehicle elèctric. És per això que aquest govern va firmar un acord amb els quatre fabricants d'automòbils més importants del país (Nissan, Toyota, Honda i Mitsubishi) per desenvolupar una xarxa de recàrrega pública de vehicles elèctrics de forma conjunta.

A data d'agost de 2013, Japó comptava amb una infraestructura de 1.700 punts de càrrega ràpida i 3.000 punts de càrrega lenta públics distribuïts pel país, però des de l'Administració es va considerar que aquests insuficients i el principal problema de la falta de penetració del mercat del vehicle elèctric al país. És per això que el següent objectiu per part del consorci format per l'Administració i les quatre companyies abans esmentades, va ser tenir una xarxa de 8.000 punts de recàrrega lenta i 4.000 punts de recàrrega ràpida a finals de l'any 2014, amb la intenció de complir amb el pla d Govern de tenir implantats 5.000 punts de recàrrega ràpida i fins a 2 milions de punts de càrrega lenta en tot el país per l'any 2020 per donar servei als 4 milions de vehicles elèctrics en circulació que s'esperen per aquella data, que representaria entre el 15% i el 20% de les matriculacions totals d'automòbils en el mercat japonès.

Per una altra part, la companyia Nissan juntament amb una cadena de centres comercials han pactat la instal·lació de 1.150 punts de càrrega en els seus 490 establiments pe donar servei als usuaris de vehicles elèctrics. Alguns d'aquests punts de recàrrega seran de càrrega ràpida amb un cost aproximat de 500 yens per càrrega (3,5 euros), i els altres seran de càrrega lenta amb un cost aproximat de 100 yens (0,70 euros).

Segons l'índex de mobilitat elèctrica del primer trimestre de 2014 preparat per Roland Berger Strategy Consultatns i Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachens (Berger, 2014, p.2): "Japó segueix mantenint el seu lideratge en la industria, principalment degut a la seva

extensa creació de bateries, i ha crescut en el seu índex tecnològic i de mercat. La bona relació qualitat-preu dels vehicles i la forta expansió de la infraestructura de recàrrega són les principals impulsores del mercat del vehicle elèctric".

Inicialment la flota de vehicles elèctrics existents a Japó era propietat de l'Administració. Però a partir de l'estratègia i les ajudes proporcionades pel Govern als fabricants de vehicles la majoria de compradors de vehicles elèctrics són particulars, gairebé el 80% dels vehicles elèctrics són d'ús privat. Gran part d'aquests propietaris no tenen plaça d'aparcament, per tant no poden instal·lar-se punts de recàrrega vinculats i depenen completament de punts de recàrrega públics. Per tant, Japó demostra que la disponibilitat de plaça d'aparcament no és una necessitat ni condició obligatòria per a fer ús de vehicle elèctric.

Segons un estudi realitzat per CIRCE i exposat en la segona trobada del Grup de Càrrega Ràpida del Vehicle Elèctric de l'Agència Internacional de l'Energia realitzat, a Tokio el 7 de juny de 2013, es va comprovar que, quan no es disposa d'infraestructura de càrrega ràpida, els usuaris retornen a les seves llars amb un 73% de l'energia de la bateria sense consumir, en canvi, aquesta xifra es redueix fins a un 33% quan existeixen punts de càrrega ràpida a disposició dels conductors. És a dir, els usuaris s'atreveixen a consumir un 40% més de la bateria dels seus vehicles quan saben que existeixen punts de càrrega ràpids. (Circe, 2013).

Per tant, en aquest exemple es demostra que la disponibilitat de plaça d'aparcament no és una necessitat ni condició obligatòria per a fer ús de vehicle elèctric si es té un gran desplegament de punts de càrrega ràpida públics distribuïts geogràficament pel país, que permetin la recàrrega de les bateries en un temps inferior a 30 minuts. Per tant, és important crear una xarxa d'infraestructura pública per a que l'usuari senti que no tindrà problemes d'autonomia i d'aquesta manera es senti segur i pugui també trobar major utilitat al seu vehicles.

CAPÍTOL 5. MODEL ECONÒMIC I EINA INFORMÀTICA D'IMPLANTACIÓ PER A INFRAESTRUCTURES DE MOBILITAT URBANA

5.1. INTRODUCCIÓ

A continuació es presenta un model que avalua la rendibilitat del desplegament de la infraestructura de mobilitat elèctrica en una ciutat genèrica. Aquest és un model de negoci des del punt de vista de l'empresari, en aquest cas el gestor de recàrrega, per tant es planteja amb l'objectiu d'obtenir beneficis:

$$\text{Ingressos} - \text{Costos} = \text{Beneficis} \geq 0 \qquad \text{[Equació 1]}$$

El gestor de les infraestructures de recàrrega juntament amb el departament específic de l'Administració seran els responsables de definir l'estratègia d'implantació de mobilitat elèctrica més adient per a la ciutat, i així poder implantar i explotar la infraestructura de recàrrega per donar servei als usuaris de vehicles elèctrics.

Així doncs, l'objectiu del model és estimar ingressos i costos de les estratègies d'implantació de mobilitat elèctrica que l'usuari vol analitzar. A partir d'aquest anàlisi, l'usuari ha de realitzar modificacions iteratives en els paràmetres que defineixen cada cas fins a trobar l'estratègia d'implantació de mobilitat elèctrica més beneficiosa des del punt de vista econòmic-empresarial.

5.2 ESTRUCTURA DEL MODEL

El model que es presenta es divideix conceptualment en quatre seccions:

Escenari de creixement i venda de vehicles elèctrics
Es plantegen les dades inicials del cas d'estudi, en aquest cas la definició del període i zona d'estudi, la corba de creixement de vehicles elèctrics i consum estimat anual de quilovat-hora (kWh). Per tant, es realitza una caracterització del cas d'estudi, i és a partir d'aquestes variables des de les quals els programa realitza els càlculs.

Inversió de la infraestructura
Es determina la infraestructura de recàrrega associada al cas d'estudi. Es fixa el número de punts de càrrega lents, semirràpids i ràpids que es vol analitzar en l'estudi, en funció de la corba del número de vehicles elèctrics en el mercat i del factor de proporció que s'aplica a cada tipus d'infraestructura segons l'estratègia d'implantació que es vulgui analitzar, i també el cost d'inversió de cada infraestructura. D'aquesta manera, s'obté la inversió inicial que haurà de tenir el compte el gestor.

Despeses d'operació
Es determinen tots els costos associats que tindrà el negoci d'implantació i explotació de la infraestructura de recàrrega a part de la inversió inicial dels punts de recàrrega. Així doncs, s'engloba el cost de gestió d'usuaris, cost de manteniment d'infraestructura, cost de consum d'energia, cost d'amortització de la infraestructura i el cost financer. Aquests conceptes

depenen del número de punts de recàrrega instal·lats de cada tipus, la corba del número de vehicles elèctrics en el mercat, consum dels vehicles, etc.

Ingressos
Es defineixen els paràmetres que fixen els ingressos que rebrà el gestor de la infraestructura al donar el servei de recàrrega vehicles elèctrics definits prèviament.

Aquest model és flexible perquè es pugui analitzar qualsevol tipus de corba de creixement de vehicles elèctrics, qualsevol escenari temporal i pugui ser aplicable en diferents àmbits, independentment de la magnitud del parc de vehicles de l'àrea analitzada.

5.3. HIPÒTESIS ADOPTADES

A causa de la poca experiència i de la falta de consolidació d'aquest mercat, i de la incertesa sobre el futur del mercat del vehicle elèctric s'ha adoptat diferents hipòtesis de partida per construir el model econòmic. Aquestes hipòtesis ofereixen simplicitat al model i a la programació d'aquest. A continuació es realitza una descripció de cada una d'elles.

Hipòtesis adoptades per definir l'escenari de creixement i venda de vehicles elèctrics.

- El número de vehicles elèctrics es determina en funció del parc automobilístic de l'àrea d'estudi en el moment de l'inici de l'estudi. Degut a la incertesa de previsions futures i per simplificació del model, aquest es suposa constant durant tot el període d'estudi.

- Degut al desconeixement del futur del mercat de vehicles elèctrics, s'han creat un total de cinc hipòtesis de venda de vehicles elèctrics, que defineixen el número de vehicles elèctrics al final del període d'estudi. I a part s'han determinat també, tres hipòtesis de creixement que descriu la velocitat de creixement del número de vehicles elèctrics per assolir la xifra de vehicles determinada en la hipòtesi escollida de venda de vehicles elèctrics.

Hipòtesis adoptades per definir la inversió en infraestructura de recàrrega.

- La primera hipòtesi adoptada ha estat el mode de transferència d'energia. S'ha adoptat la solució de mode de càrrega conductiva ja que actualment és el que està més desenvolupat, i tal com s'ha comentat en el capítol 3 i 4 del present document, per a realitzar un impuls al mercat de vehicles elèctrics és el que necessita menys inversió i per tant menys risc.

- El dimensionament del número de punts de recàrrega està determinat en funció de l'evolució del mercat de venda de vehicles elèctrics.

  Per determinar els punts de recàrrega privats vinculats i privats de reforç, que són aquells ubicats en garatges particulars, llocs de feina, hotels, etc., i ser una infraestructura d'ús privat, tal i com es comenta en el capítol 3 del present document, es considera el número d'aquest tipus d'infraestructura directament proporcional al número de vehicles elèctrics existents al mercat.

  Quant als punts de recàrrega públics, que són aquells que estan ubicats a la via pública i de lliure accés pels propietaris de vehicles elèctrics, es considera un número d'infraestructures directament proporcional al número de vehicles elèctrics existents cada any, més la possibilitat d'instal·lació d'un número determinat de punts de recàrrega públics cada any independentment del mercat de vehicles elèctrics. Aquests últims es

determinen en funció de l'estratègia pública de promoció del vehicle elèctrics que es vol seguir per part de l'administració.

Per fixar el número de punts de recàrrega ràpids, és a dir les electrolineres, es considera una funció diferents a les anteriors, en aquest cas una funció exponencial. Això és degut a que la implantació d'aquesta infraestructura és més costosa i difícil, i es creu necessari poder realitzar diferents estratègies d'implantació basant-se no solament en el número de vehicles elèctrics existents al mercat, sinó en diferents velocitats de creixement d'aquesta infraestructura. D'aquesta manera el gestor de recàrrega pot realitzar un estudi fent una implantació més ràpida a l'inici i donar un servei extra per a que els usuaris de vehicles elèctrics tinguin més confiança, o pot adoptar una estratègia més conservadora i instal·lar la infraestructura quan tingui un mercat més estable, o al revés.

- Es considera invariable el cost unitari de les infraestructures durant tot el període d'estudi. És clar que aquest cost variarà durant el temps i que cada punt de recàrrega té un cost diferent en funció de la ubicació, obra civil necessària, etc., però per simplificació de càlculs s'ha suposat aquest cost igual per a cada tipus d'infraestructura de recàrrega i invariable en el temps.

Hipòtesis adoptades per les despeses d'operació

- Al no tenir coneixement de la vida útil real dels equips de recàrrega, es considera una hipòtesi de simplificació en quant als període d'amortització. S'adopten els períodes d'amortització de 10 i 5 anys, corresponents als períodes d'amortització màxims, referent a l'obsolescència d'equips, i mínims definits en el Pla General Comptable (New Pyme*, 2005*).

- Cada tipus d'infraestructura té associat un rang de potència en el qual pot treballar (veure taula 3.10 del capítol 3). Per simplificació de càlculs, se suposa una potència única per a cada tipus d'infraestructura i constant durant tot el període d'estudi.

- Es considera un valor mig de quilòmetres recorreguts i consum de quilovats-hora per quilòmetre (kwh/km) per vehicle. Cal afegir que aquests valors es consideren constants durant tot el període d'estudi. És cert que la tendència a seguir és que cada cop els vehicles consumeixin menys quilovats-hora (kwh) i per tant poder fer més quilòmetres, però per simplificació de càlcul s'adopten aquestes hipòtesis.

- El futur del mercat elèctric amb la introducció del vehicle elèctric encara és incert; per això s'ha considerat adoptar la hipòtesi de no fluctuació del preu del quilovats-hora (kwh) durant el període d'estudi.

- Per determinar el cost de manteniment de la infraestructura de recàrrega es consideren les hipòtesis de manteniment constant cada any i proporcional a la inversió inicial.

- Es realitza una hipòtesi conservadora respecte el finançament de l'empresa. Se suposa que es necessiten els diners a l'inici de cada any i els ingressos es reben tots junts al final de l'any. El tipus d'interès del crèdit és invariable durant tot el període d'estudi.

Hipòtesis adoptades pels ingressos

- Per realitzar el càlcul dels ingressos a obtenir del servei de recàrrega de bateries, s'ha considerat una hipòtesi de simplificació segons la qual el preu de venda del quilovat-hora (kwh) i de les quotes són constants durant tot el període d'estudi.

5.4. PARÀMETRES I DESCRIPCIÓ

Per poder analitzar cada cas d'estudi de rendibilitat econòmica en l'estratègia d'implantació de mobilitat elèctrica urbana és necessari la definició de paràmetres que els caracteritzin i defineixin. Aquests paràmetres poden ser paràmetres prefixats o paràmetres a introduir.

Els paràmetres prefixats es caracteritzen perquè formen part de les equacions que configuren aquest model i inicialment ja estan determinats. Cal dir que aquests paràmetres es podrien variar introduint-se en les equacions del programa.

Els paràmetres a introduir són aquells que l'usuari del model ha de determinar per poder definir els diferents casos d'estudi que vulgui modelar i estudiar.

5.4.1. Paràmetres prefixats

Els paràmetres prefixats són aquells que s'ha decidit fixar i no variar per poder configurar les equacions i les hipòtesis que formen el model. Per tant, són paràmetres que, en principi, l'usuari del model no ha de variar, però cal comentar que introduint-se en la part matemàtica i programable del programa aquests es podrien variar.

A continuació es detallen els paràmetres prefixats utilitzats per a definir les hipòtesis i equacions que donen lloc al model econòmic d'implantació de per a infraestructures de mobilitat urbana.

Paràmetres de definició de les hipòtesis de venda de vehicles elèctrics d'estudis previs

Tal i com s'ha comentat en l'apartat d'hipòtesis adoptades, s'ha creat un total de cinc hipòtesis de venda de vehicles elèctrics. Quatre d'elles es basen en estudis ja realitzats i per tant tenen fixat el número de vehicles elèctrics final; en canvi la cinquena hipòtesi, anomenada hipòtesi personalitzada, queda oberta per a que l'usuari pugui determinar altres escenaris.

Els estudis i dades de que es disposa tenen diferents horitzons temporals de previsió, però degut a que la Comissió Europea té fixat el seu objectiu en 2030 (*European Comission, 2013*) es pren aquest com a any final d'estudi per a aquestes quatre hipòtesis. Aquests estudis es basen en dades de l'àmbit de Catalunya, però es considera que les hipòtesis obtingudes es poden extrapolar a qualsevol zona d'estudi dins de l'estat espanyol o altres països.

A continuació s'explica cada una de les hipòtesis de venda adoptades.

1. *Hipòtesi optimista*

Aquesta hipòtesi està determinada per l'objectiu actual de la Comissió Europea d'aconseguir que el 50% del parc automobilístic sigui de vehicles elèctrics a l'any 2030 (European Comission, 2013*)*. Per tant, en funció del parc automobilístic de la zona d'estudi s'obté el número de vehicles que n'hi haurà a l'any 2030.

2. *Hipòtesi realista 1*

Aquesta hipòtesis està basada en l'estudi definit per l'informe CADS (Pallisé et al., 2010).

L'informe CADS adapta a Catalunya diversos estudis de prospectiva efectuats per consultores i analistes internacionals (Frost&Sullivan, Capital Advisors, Rapport Syrota,Altran Technology, Pike Research, etc.) i les previsions de la industria automobilística. Han efectuat dues

estimacions sobre la previsible evolució del vehicle elèctric a Catalunya en un horitzó temporal fins l'any 2015 (taula 5.1).

Any / Increment VE	2010	2011	2012	2013	2014	2015
hipòtesi 1	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
hipòtesi 2	3-5.000	4-6.000	7-8.500	10-15.000	25.000	30.000

Taula 5.1: Prospectiva d'increment anual dels vehicles elèctrics a Catalunya de 2010 a 2015.
Font: Pallisé et al., 2010.

La hipòtesi 1 definida en l'Informe CADS es desestima al ser una hipòtesi massa optimista, i es pren com a hipòtesi a seguir la hipòtesi 2.

Per trobar el paràmetre que defineix la hipòtesi realista 1 de venda de vehicles elèctrics del model econòmic del present treball, és a dir el tant per cent de vehicles elèctrics respecte el parc automobilístic de Catalunya a l'horitzó 2030, s'ha hagut de fer diverses operacions ja que aquest estudi solament cobreix l'horitzó temporal fins l'any 2015 i, tal i com s'ha comentat anteriorment, en el cas del present estudi es determina com horitzó temporal l'any 2030. Així doncs, els passos a seguir han estat els següents:

- Prèviament, s'ha buscat el número de vehicles elèctrics a Catalunya a l'any 2013 (1.175 ve) i es compara amb la xifra donada per la hipòtesi 2 de l'Informe CADS al mateix any (10-15.000 ve). Es comprova que la hipòtesi 2 de l'Informe CADS no reflexa la realitat a l'any 2013, per tant, es decideix partir de les dades reals, és a dir, partir de la xifra de 1.175 ve per l'any 2013.

- Es considera que la hipòtesi 2 de l'Informe CADS pot esdevenir real a partir de l'any 2014 i per això s'aplica l'increment de vehicles elèctrics definit per aquesta hipòtesi cobrint les dades fins al 2019. A partir del 2019 s'extrapola el ritme de creixement basant-se en la tendència marcada per la hipòtesi 2 de l'informe CADS fins l'any 2030. Amb aquesta operació s'obté el número de vehicles elèctrics acumulats a Catalunya a l'horitzó temporal de l'any 2030 (740.715) (veure annex 2, taula 2.1).

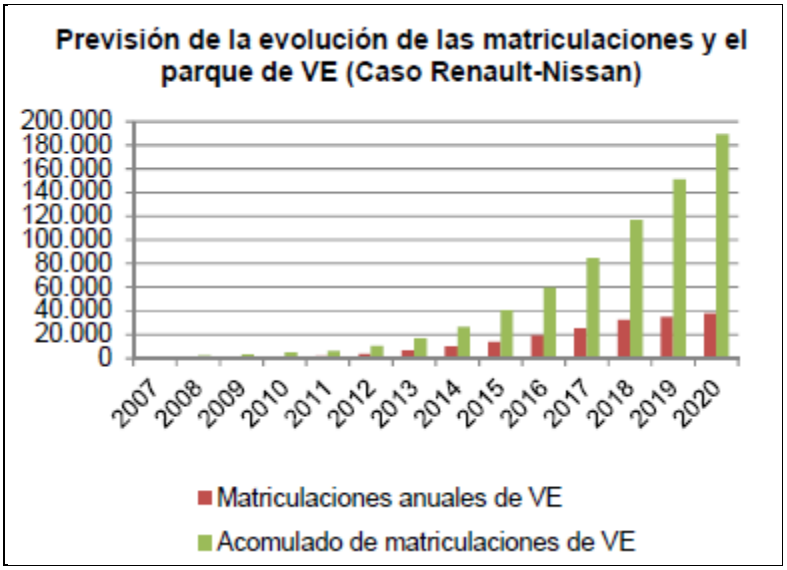
- Un cop realitzat aquest procediment, es divideix el número de vehicles elèctrics acumulats obtingut per a l'any 2030 entre el número de vehicles del parc automobilístic a Catalunya (4.056.495) i d'aquesta manera s'obté que la hipòtesi realista 1 determina que a l'any 2030, a Catalunya, hi haurà un 18,3% de vehicles elèctrics respecte el parc automobilístic.

Degut a que tot aquest procés està basat en hipòtesis i extrapolacions, i per simplificació del model, el paràmetre que defineix la hipòtesi realista 1 serà el 20% de vehicles elèctrics respecte el parc automobilístic total de la zona d'estudi amb horitzó temporal l'any 2030.

Encara que tot el procediment s'ha realitzat amb dades i a l'àmbit de Catalunya, es considera que la hipòtesi obtinguda es pot extrapolar a qualsevol zona d'estudi.

3. Hipòtesi realista 2

Aquesta hipòtesi es basa en les dades mostrades al document El Pla de promoció de l'ús del vehicle elèctric a l'AMB (Institut Cerdà, 2012), que utilitza l'estudi de previsió d'evolució de matriculacions de vehicles elèctrics realitzat per les empreses Renault i Nissan adaptat al cas de Catalunya (gràfic 5.1).



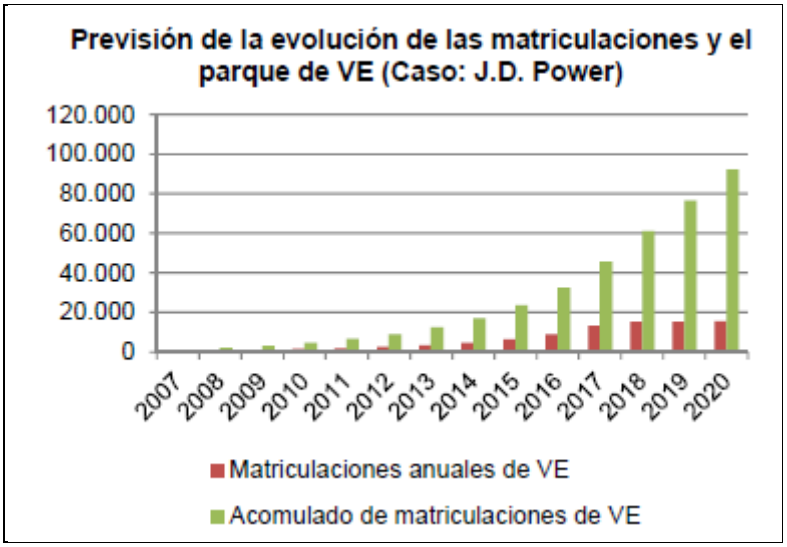
Gràfic 5.1: Previsió de la evolució de les matriculacions i el parc de VE (Cas Renault-Nissan). Font: Institut Cerdà, 2012.

Per definir la hipòtesi realista 2 del present treball, és a dir determinar el tant per cent de vehicles elèctrics respecte el parc automobilístic de Catalunya a l'horitzó 2030, es realitza el mateix procediment que en la hipòtesi realista 1, anteriorment explicada. Això és degut a que tal i com mostra el gràfic 5.1, l'estudi de previsió de matriculacions de vehicles elèctrics a Catalunya té un horitzó temporal de l'any 2020 i no arriba fins el 2030 tal i com s'exigeix per aquesta hipòtesi. Cal comentar que en aquest cas, l'increment de vehicles elèctrics definit per la previsió del cas Renault-Nissan cobreix les dades fins al 2024. La taula 2.2 de l'annex 2 del present treball mostra l'evolució del número de vehicles elèctrics acumulats fins l'any 2030 per aquesta hipòtesi, que en aquest últim anys és de 335.509 ve (veure annex 2, taula 2.2).

En aquest cas, s'obté que la hipòtesi realista 2 determina que a l'any 2030, a Catalunya, hi haurà un 8,3% de vehicles elèctrics respecte el parc automobilístic. Aplicant la hipòtesi de simplificació del model i arrodoniment es conclou que el paràmetre que defineix la hipòtesi realista 2 serà el 10% de vehicles elèctrics respecte el parc automobilístic total de la zona d'estudi amb horitzó temporal l'any 2030.

4. *Hipòtesi Pessimista*

La hipòtesi pessimista s'ha realitzat a partir de les dades El Pla de promoció de l'ús del vehicle elèctric a l'AMB (Institut Cerdà, 2012), que utilitza l'estudi de previsió d'evolució de matriculacions de vehicles elèctrics realitzat per la firma J.D. Power adaptat al cas de Catalunya (gràfic 5.2).



Gràfic 5.2: Previsió de la evolució de les matriculacions i el parc de VE (Cas J.D. Power). Font: Institut Cerdà, 2012.

Tal i com es pot observar en el gràfic 5.2, l'estudi de previsió de matriculacions de vehicles elèctrics realitzat per J.D Power té com horitzó temporal l'any 2020; per tant, per determinar el paràmetre que caracteritza la hipòtesi pessimista es realitza el mateix procediment que en les hipòtesis anteriors. D'aquesta manera, s'obté que a l'any 2030 el número de vehicles elèctrics acumulats seguint el creixement definit per la hipòtesi pessimista serà de 188.399 (veure annex 2 taula 2.3).

Es conclou que la hipòtesi pessimista determina que a l'any 2030, a Catalunya, hi haurà un 4,6% de vehicles elèctrics respecte el parc automobilístic. Aplicant la hipòtesi de simplificació del model i arrodoniment queda que el paràmetre que defineix la hipòtesi pessimista serà el 5% de vehicles elèctrics respecte el parc automobilístic total de la zona d'estudi amb horitzó temporal l'any 2030.

Grau d'utilització

Per verificar que el dimensionament de la infraestructura que es col·loca està dins d'un interval de màxims i mínims, és a dir que no hi ha sobredimensionament ni infradimensionament d'aquesta i per tant no hi haurà infraestructura sense explotar ni el cas de llargues cues d'espera per poder carregar els vehicles, s'introdueix un paràmetre de control que és el grau d'utilització de la infraestructura.

Per tant, el grau d'utilització es conforma com un paràmetre de control de que la infraestructura col·locada en un territori és la necessària i suficient per donar un servei còmode a l'usuari.

Aquest paràmetre es defineix amb la següent equació:

$$Grau\ utilització = \frac{Energia\ demandada}{\Sigma hores\ dia \cdot Potència\ instal \cdot lada}\ x\ 100 \qquad \text{[Equació 2]}$$

Un grau d'utilització molt baix beneficia a l'usuari, ja que tindrà molta infraestructura al seu abast però gran part d'aquesta estarà sense explotar; per tant el gestor estarà malgastant la inversió realitzada i tindrà un cost de manteniment associat a una infraestructura que no té rendiment. En canvi, un grau d'utilització molt alt significa que la infraestructura instal·lada no

és suficient per a la demanda de potència dels usuaris i hi haurà problemes d'espera per a carregar les bateries; en canvi des del punt de vista del gestor de recàrrega és millor ja que la infraestructura instal·lada estarà a ple rendiment, i amb menys inversió ofereix el servei.

Per determinar aquest paràmetre s'ha fet ús de la distribució normal i així determinar tres perfils de consum d'energia de vehicle elèctric (veure figura 5.1.).

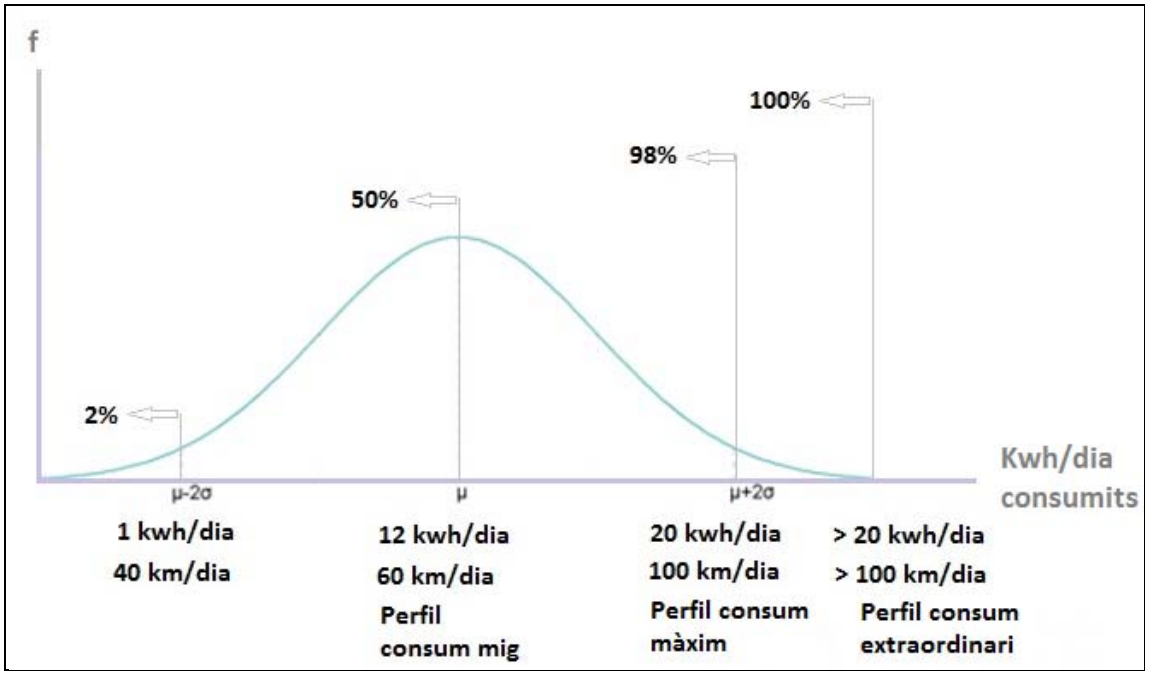


Figura 5.1. Distribució normal dels recorreguts realitzats amb vehicle elèctric.
Font: Elaboració pròpia.

- *Perfil consum mig*
  Es caracteritza per un recorregut de 60 km/dia amb un vehicle que consumeix 20 kwh/100 km, per tant, consumeix 12 kwh/dia. En principi, si l'usuari carrega la bateria del seu vehicle durant la nit,no ha de tenir problemes per a realitzar tot el seu recorregut, i per tant, solament necessitaria com a infraestructura de recàrrega la vinculada. Però ha de tenir la possibilitat de recàrrega extra perquè estadísticament algun dia podria necessitar-la. Aquest perfil comprèn el 50% dels recorreguts realitzats pels usuaris de vehicle elèctric.

- *Perfil consum màxim*
  Aquest perfil comprèn aquelles situacions en les que l'usuari realitza més quilòmetres que la mitja, fins a un màxim de 100 km/dia, i per tant, consumeix 20 kwh/dia. En funció de la mida de la bateria que té el seu vehicle, aquest usuari pot necessitar fer ús d'infraestructura pública, ja que amb la càrrega realitzada durant la nit no té suficient per realitzar el recorregut. Aquest perfil absorbeix el 98% dels recorreguts usuaris de vehicles elèctrics.

- *Perfil consum extraordinari*
  Es caracteritza per un recorregut >100 km/dia amb un vehicle que consumeix 20 kwh/100 km. L'usuari, en aquest trajecte, necessitarà fer ús d'infraestructura pública per poder realitzar tot el seu recorregut. En aquest perfil solament es trobaria un 2% dels recorreguts que es realitza en vehicle elèctric.

Per donar servei a aquest usuari es considera que hi ha implantada la xarxa d'infraestructures que s'indica a la taula 5.2. Es considera una estratègia d'implantació enfocada a la càrrega lenta, ja que com s'ha vist en el capítol 3 del present document aquesta estratègia és la més beneficiosa des del punt de vista econòmic i ambiental.

Infraestructura	**Potència infraestructura**	**Proporció infraestructura/Vehicle elèctric**
Vinculada	3,7 kw	1 PdRV/VE
Privada de reforç	3,7 kw	0,1 PdRPR/VE
Pública	7,4 kw	0,1 PdRP/VE
Ràpida	50 kw	1 PdRR/400 VE

Taula 5.2: Escenari de xarxa d'infraestructura associada a un usuari.
Font: Elaboració pròpia.

Considerant un dia laboral normal, l'usuari farà ús de la càrrega vinculada solament per la nit, que serà quan el vehicle estigui estacionat en el pàrking privat del propietari, i la càrrega privada de reforç tindrà lloc durant les hores que el vehicle estigui estacionat en el pàrking de les oficines. En canvi, la infraestructura pública podrà ser utilitzada en horari comercial i la ràpida a qualsevol hora del dia.

Per tant, el grau d'utilització promig de la instal·lació de la xarxa per a consum mig és el següent:

$$GU = \frac{12\ kwh}{8\ h \cdot 3{,}7\ kw + 8h \cdot 3{,}7kw \cdot 0{,}1 + 16h \cdot 7{,}4kw \cdot 0{,}1 + 24h \cdot 50kw \cdot 1/400} \cdot 100 = 25{,}32\ \%$$

[Equació 3]

Amb aquest tipus de xarxa el 50% de les vegades que l'usuari utilitzi el seu vehicle, que serà per realitzar un recorregut de 60 km, l'usuari de vehicle elèctric faria ús d'un 25,32% de la potència instal·lada.

Si es realitza el càlcul del grau d'utilització de la instal·lació de la xarxa per a consum màxim, és a dir, consum de 20kwh/dia, s'obté el següent

$$GU = \frac{20\ kwh}{8\ h \cdot 3{,}7\ kw + 8h \cdot 3{,}7kw \cdot 0{,}1 + 16h \cdot 7{,}4kw \cdot 0{,}1 + 24h \cdot 50kw \cdot 1/400} \cdot 100 = 42{,}19\ \%$$

[Equació 4]

Per tant, l'usuari quan realitza un recorregut de 100km/dia fa ús del 42,19% de la potència instal·lada per a carregar el seu vehicle.

Així doncs, pel 98% dels recorreguts que realitza un usuari en vehicle elèctric, que serà com a màxim de 100 km, es considera que un grau d'utilització<42% proporciona un dimensionament adequat de la infraestructura. El mínim de grau d'utilització ho marca el propi gestor per tal de que el seu negoci sigui rentable.

Per a consum extraordinari, és a dir aquells recorreguts que es realitzen més de 100 km al dia, és totalment necessària la infraestructura de recàrrega pública per poder recarregar la bateria i poder realitzar tot el recorregut. En aquest cas, es realitza el càlcul del grau

d'utilització de la infraestructura pública que serà utilitzada per cobrir l'excedent de quilòmetres a partir dels 100 marcats en consum màxim.

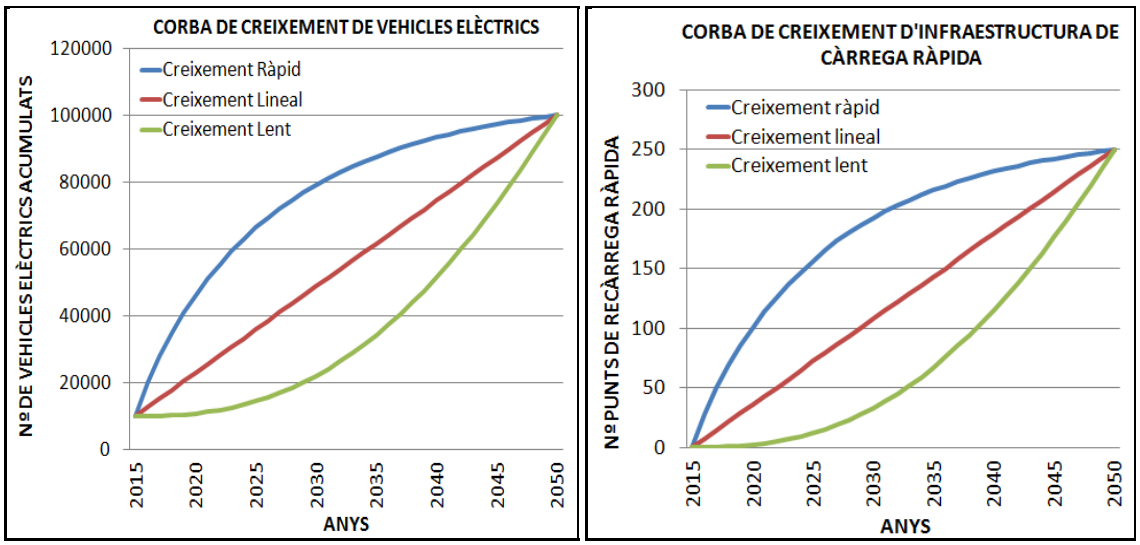
$$GU = \frac{2\% \cdot 20\ kwh}{16h \cdot 7{,}4kw \cdot 0{,}1 + 24h \cdot 50kw \cdot 1/400} \cdot 100 = 2{,}82\% \qquad \text{[Equació 5]}$$

Així doncs, l'usuari quan realitza més de 100 km al dia fa un ús extra del 2,82% de la potència instal·lada en infraestructura pública, que és el que li cobreix l'excedent de quilòmetres.

Per tant, es considera que el grau d'utilització ha de ser menor a 42%. D'aquesta manera es verifica que el dimensionament de la infraestructura és suficient per a donar un bon servei de recàrrega.

Paràmetres de definició de les hipòtesis de creixement del número de vehicles elèctrics i número d'infraestructures de càrrega ràpida

Les hipòtesis de creixement permeten escollir la velocitat de variació del número de vehicles elèctrics o del número d'infraestructures de càrrega ràpida. S'ha plantejat tres hipòtesis de creixement: lent, lineal i ràpid. El gràfic 5.3 mostra les tres hipòtesis de creixement.



Gràfic 5.3: Representació de les hipòtesis de creixement de vehicles elèctrics i creixement d'infraestructura de càrrega ràpida.
Font: Elaboració pròpia

La hipòtesi de creixement lent es defineix des d'un punt de vista més conservador, fent ús d'una corba còncava, de tal manera que els primers anys el número de vehicles elèctrics o punts de càrrega ràpida creix lentament, mentre que els últims anys ho fa d'una manera més ràpida.

La hipòtesi de creixement lineal es defineix des d'un punt de vista més optimista, fent ús d'una línia recta amb pendent constant.

Per últim, per definir la hipòtesi de creixement ràpid es fa ús d'una corba convexa, de tal manera que els primers anys el número de vehicles elèctrics o punts de recàrrega ràpida creix ràpidament fent que els últims anys del període d'estudi aquests tinguin un creixement més suau.

Per representar les corbes de variació del número de vehicles elèctrics i també el número d'infraestructures de càrrega ràpida es fa ús d'una funció exponencial positiva que es defineix mitjançant cinc paràmetres.

$$F = B.\left[1 - e^{-K\left(\frac{|X|}{C}\right)^{P}}\right] \qquad \text{[Equació 6]}$$

On:
X: és l'any d'estudi, per tant serà X=0, 1, 2, 3... fins a l'any final del període d'estudi.
P: és un factor de forma que defineix si la corba és còncava, convexa o lineal.
C: és un factor de forma que s'aproxima a l'abscissa del punt d'inflexió.
K: és un factor de forma que s'aproxima a l'ordenada del punt d'inflexió.
B: és el factor de forma que permet que la funció mantingui un rang de valor de 0 a 1. Aquest factor ve definit per la següent equació:

$$B = \left[1 - e^{-K\cdot\left(\frac{|Xmax-Xmin|}{C}\right)^{P}}\right]^{-1} \qquad \text{[Equació 7]}$$

On:
Xmax: és l'any final del període d'estudi
Xmin: és l'any inici del període d'estudi

L'equació varia segons els valors que s'assignen als paràmetres *Xmin*, *Xmax*, *X*, *P*, *C* i *K*. Els valors dels paràmetres *Xmin*, *Xmax* i *X* es defineixen quan es determina el cas d'estudi. En canvi els paràmetres *P*, *C* i *K* són paràmetres que s'han fixat per caracteritzar les diferents velocitats de creixement de la corba. La taula 5.3 mostra els valors adoptats per a aquest tipus de funció.

		HIPÒTESIS DE CREIXEMENT		
		Creixement Lent	**Creixement Lineal**	**Creixement Ràpid**
PARÀMETRES	**K**	0,10	0,01	2,00
	C	25,00	25,00	25,00
	P	2,50	1,00	0,90

Taula 5.3: Determinació dels paràmetres característics de les corbes de creixement.
Font: Elaboració pròpia

5.4.2. Paràmetres a introduir

Amb els paràmetres a introduir es defineixen els casos d'estudi; d'aquesta manera s'analitza la combinació de paràmetres d'infraestructura, ús, costos i sistema tarifari que optimitzi els beneficis perquè el negoci sigui viable i saber en quant de temps s'obtindran beneficis.

Aquests paràmetres es diferencien en les quatre seccions determinades en el apartat d'estructura del model, encara que estan relacionats els uns amb els altres.

Escenari de creixement i venda de vehicles elèctrics

Es defineixen els paràmetres que caracteritzen el cas d'estudi, és a dir l'escenari de vehicles elèctrics que hi haurà en el període i zona d'estudi. És a partir d'aquestes variables des de les quals el model realitza els càlculs. Per tal d'aconseguir aquest objectiu, es defineixen els següents paràmetres:

- *Parc Automobilístic de l'àrea d'estudi*
  Aquest paràmetre fixa el número de vehicles totals que hi ha en el parc automobilístic de l'àrea d'estudi en el moment inicial de realitzar l'estudi. S'utilitza per poder determinar el número de vehicles elèctrics inicials i finals i per tant poder calcular l'evolució de vehicles elèctrics al llarg dels anys d'estudi.

- *% Vehicles elèctrics inicial*
  Aquest paràmetre defineix, a partir d'una proporció percentual, el número total de vehicles elèctrics que existeix o es preveu que hi hagi a l'inici del període d'estudi en funció del parc automobilístic determinat en el paràmetre anterior. Per tant, el número de vehicles elèctrics inicial es determina mitjançant la següent equació:
  $$Nº\ VE\ inici = Parc\ automobilistic \cdot \%\ VE\ incial$$ [Equació 8]

- *Any inici estudi i any final d'estudi*
  Aquests paràmetres determinen el període d'anys en el qual es fa l'estudi.

- *Hipòtesis de venda de vehicles elèctrics*
  Aquest paràmetre permet escollir una de les cinc hipòtesis de venda de vehicles elèctrics. Com ja s'ha comentat anteriorment, quatre d'aquestes hipòtesis (anomenades hipòtesi optimista, realista 1, realista 2 i pessimista) es basen en estudis realitzats i tenen fixat el número de vehicles elèctrics final; i la cinquena és una opció oberta per tal que l'usuari pugui definir l''escenari futur que vulgui fixant l'any de finalització de l'estudi i el tant per cent (%) de vehicles elèctrics respecte el parc automobilístic de la zona d'estudi esperat per l'any final.

- *Hipòtesis de creixement de vehicles elèctrics*
  Aquest paràmetre permet escollir una de les tres hipòtesis de velocitat de creixement que tindrà el mercat del vehicle elèctric en el període d'estudi. Aquest paràmetre és important des del punt de vista de la estratègia d'implantació de la infraestructura de recàrrega, determinarà el número de vehicles elèctrics que hi haurà cada any.

- *Recorregut estimat d'un vehicle elèctric a l'any*
  Aquest paràmetre indica el valor mig de quilòmetres que recorre un vehicle elèctric en un any en l'àrea d'estudi, de forma que representi la conducta habitual dels usuaris de vehicles. Els vehicles elèctrics estan pensats per ser els utilitaris d'usuaris tipus que recorrin al voltant de 60 km/dia laborable. Per tant, els valors suggerits per aquest paràmetre varien entre 10.000-15.000 km/any.

- *Consum d'energia del vehicle elèctric*
  En aquest paràmetre s'introdueix el consum mig d'energia (kwh) per quilòmetre d'un vehicle elèctric. Depenent del tipus de vehicle utilitzat, ja sigui cotxe o motocicleta, o inclús dins del mateix tipus de vehicle el consum d'energia varia. A partir dels catàlegs de fabricants de vehicles elèctrics, se suggereix com a valors de consum d'energia per turismes un rang entre 0,15-0,20 kwh/km.

Inversió de la infraestructura

En aquesta segona secció, en funció dels paràmetres fixats en l'apartat "Escenari de creixement i venda de vehicles elèctrics", es defineix la infraestructura de recàrrega a instal·lar i de la seva inversió inicial. Per tal d'aconseguir aquest objectiu, es defineixen els següents paràmetres:

- *Número de punts de recàrrega per tipus de càrrega*
  Aquest paràmetre determina el número de punts de recàrrega per tipus de càrrega per cada vehicle elèctric que hi ha al mercat. Cada tipus de càrrega (càrrega lenta, semi-ràpida, ràpida) té el seu paràmetre i equació, ja que s'ha considerat una hipòtesi d'implantació diferent tal i com s'ha especificat en el punt 5.3 del present treball.

  1. *Infraestructura privada*
     Els punts de recàrrega privats vinculats i privats de reforç estan definits mitjançant una equació lineal en funció del número de vehicles elèctrics que hi ha a l'àrea d'estudi cada any. L'equació té un coeficient que determina la proporció de punts de recàrrega per vehicle.

     $$PdRV = kv \cdot VE \qquad \text{[Equació 9]}$$

     On:
     PdRV= número de punts de recàrrega vinculats.
     kv= és el coeficient de proporció de punts de recàrrega per vehicle.
     VE= número de vehicles elèctrics.

     Se suggereix un valor de kv=0,8-1,2 punts de recàrrega/vehicle per a infraestructura vinculada tenint en compte que, en principi, els vehicles es carregaran per la nit als garatges particulars dels propietaris, per tant per cada vehicle elèctric ha d'existir al voltant d'un punt de recàrrega vinculat. Per la infraestructura privada de reforç se suggereix una proporció de kv=0,1-1 punts de recàrrega/vehicle ja que aquesta és complementària a l'existent per si algun propietari de vehicle elèctric no té pàrking privat i ha de carregar el vehicle al pàrking associat a oficines o eventualment es troba en un hotel.

  2. *Infraestructura pública*
     Per determinar el número de punts de recàrrega públics, es té en compte el número de vehicles elèctrics en el mercat més la possible necessitat d'instal·lar més infraestructura independentment del mercat de vehicles. Per tant, l'equació d'aquesta infraestructura té dos paràmetres: el primer, igual que en la infraestructura privada, és la proporció de punts públics respecte els vehicles elèctrics, més un paràmetre fix.

     $$nº\ PdRP = kp \cdot VE + b \cdot any \qquad \text{[Equació 10]}$$

     On:
     PdRP= número de punts de recàrrega públics.
     kp= és el coeficient de proporció de punts de recàrrega per vehicle.
     VE= número de vehicles elèctrics.
     b= número fix de punts de recàrrega a instal·lar cada any
     any= any d'estudi

     En aquest cas se suggereix una proporció de kp=0-0,5 punts de recàrrega per vehicle elèctric. Aquesta infraestructura és complementària, pública i la velocitat de càrrega és major que la infraestructura privada, per tant no és necessari tenir un punt de

recàrrega per cada vehicle elèctric existent, per això es considera que un valor de kp=0,5 es suficient per donar servei. Fins i tot es podria considerar no necessària per algun tipus de ciutat.

3. *Infraestructura ràpida*
   El nombre d'instal·lacions de punts de càrrega ràpida és més complex de determinar, ja que aquesta infraestructura és més cara d'instal·lar i mantenir, però molt necessària per a que els usuaris de vehicles elèctrics se sentin segurs davant la limitada autonomia dels vehicles. Per això, és important en compte el número de vehicles elèctrics en el període d'estudi i també l'estratègia d'implantació que es vol seguir.

   Per determinar el número d'endolls de càrrega ràpida a implantar es fa ús de la mateixa equació utilitzada per definir el número de vehicles elèctrics en el període d'estudi, ja que en ambdós casos existeix el paràmetre que permet escollir la velocitat de creixement (lent, lineal o ràpid), en aquest cas, del número de punts de recàrrega ràpids (veure apartat 5.4.1 del present document).

   En aquest cas, a més del paràmetre de velocitat de creixement es fa ús de dos paràmetres més:
   - Paràmetre de proporció de vehicles elèctrics per endoll a l'últim any del període d'estudi, és a dir, quan es suposa que hi haurà més vehicles elèctrics. D'aquesta manera es determina el número final de punts de càrrega ràpida necessaris.

   - Paràmetre que indica el número de punts de càrrega ràpida que hi haurà en el moment d'inici de l'estudi. Aquest pot tenir un valor inicial de zero, o també es pot considerar la implantació prèvia d'alguna infraestructura per pal·liar el rang d'ansietat que els usuaris poden sentir al tenir un vehicle amb una autonomia limitada.

- *Cost dels punts de recàrrega per tipus de càrrega*
  Aquest paràmetre reuneix tots els costos necessaris per implantar la infraestructura, és a dir, el cost de l'equip més l'obra civil més la instal·lació. És clar que el cost total depèn de molts paràmetres, però per simplificació de càlculs, s'ha considerat crear un paràmetre únic de cost per a cada tipus d'infraestructura. Cal comentar que aquests valors han estat consensuats amb experts responsables del vehicle elèctric de l'Ajuntament de Barcelona i d'empreses dedicades al sector.

  - Pels punts de recàrrega vinculat i privat de reforç se suggereix un valor de 1.000 euros ja que és una instal·lació domèstica, senzilla i no requereix de grans obres.

  - Pels punts de recàrrega públics se suggereix un cost de 10.000 euros. Aquests punts de recàrrega tenen més potència, necessiten d'una infraestructura més sofisticada amb control i protecció, temporitzador, etc., per tant, el seu cost és més elevat.

  - Per últim, els punts de recàrrega ràpida tenen un cost molt superior als anteriors. Se suggereix un cost de 40.000 euros associat a la infraestructura amb solament un endoll més l'obra civil i la instal·lació, i un cost de 20.000 euros per cada endoll addicional que es col·loca. Aquesta infraestructura té una potència mínima de 50 kw i per tant compta amb un dispositiu per convertir de corrent altern a corrent continu, compta amb un sistema de comunicació amb la xarxa elevat, sistemes de protecció i control, etc., és per aquestes raons que el seu cost es considera més elevat.

Despeses d'operació

En aquesta secció del model econòmic es defineixen els conceptes associats als costos que tindrà el negoci a part de la inversió inicial.

- *Cost de gestió d'usuaris*
  Aquest concepte està format per dos paràmetres. Un cost fix d'empresa que engloba els costos d'infraestructura d'aquesta i per tant no depèn directament del número d'usuaris. I un cost indirecte que sí depèn del número de vehicles elèctrics que vagi entrant el mercat, ja que aquest paràmetre representa el número de recursos tant materials com de capital humà necessaris per portar a terme el negoci, i aquests recursos augmentaran a mida que augmenti els usuaris.

- *Cost de manteniment*
  Amb aquest paràmetre es calcula el cost de manteniment, imprevistos, vandalisme, etc., que poden tenir les infraestructures al llarg d'una any. El seu càlcul es realitza a partir d'aplicar un tant per cent (%) al cost d'inversió inicial de cada punt de recàrrega.

  Els valors suggerits segons la opinió d'experts responsables en infraestructures de recàrrega, es diferencien segons la ubicació i els usuaris que faran servir la infraestructura:

  - Per a infraestructura privada vinculada i privada de reforç, a l'estar ubicada en garatges particulars i privats, es considera que no patiran l'impacte negatiu del vandalisme o climatologia, i serà utilitzada per usuaris particulars, per tant se suggereix un paràmetre del 1%.

  - La infraestructura d'ús públic, és a dir els punts de recàrrega públics i els punts de recàrrega ràpids, a l'estar ubicats en zones públiques i a l'abast de tothom es considera que poden tenir més problemes vandalisme, trencament, mala utilització, etc., és per això que es suggereix un paràmetre de manteniment del 10% ja que es considera que amb aquest valor es cobreix els possibles deteriorament que pot sofrir la infraestructura.

- *Cost de consum d'energia*
  En aquesta àrea es calcula el cost que li suposa al gestor de recàrrega donar el servei de recàrrega de bateries als usuaris de vehicle elèctric. Per determinar aquest cost s'ha considerat recolzar-se en dos conceptes:

  - Percentatge d'utilització de cada tipus d'infraestructura de recàrrega per part dels usuaris. D'aquesta manera es determina l'estratègia que s'espera o se suposa que seguiran els usuaris del vehicle elèctric per carregar les seves bateries. Aquest paràmetre determina els quilovats-hora (kwh) consumits pels usuaris en cada tipus d'infraestructura.

  - Cost que li suposa al gestor oferir el servei de recàrrega. Aquest concepte es determina a partir de dos paràmetres que s'ha considerat no fixar degut a que el mercat elèctric està en continu moviment i les tarifes d'electricitat varien, per tant, cal ajustar-se el màxim possible a la realitat del moment per poder fer un estudi el més real possible.

    - Cost del quilovat-hora (kwh) en funció de l'hora del dia i del tipus de recàrrega conductiva (càrrega lenta, semi-ràpida o ràpida).

- Cost del terme de potència. Aquest valor depèn de la potència contractada per cada punt de recàrrega, ja que en funció de la velocitat de càrrega, cada endoll té associat un rang de potència (veure taula 3.10 capítol 3). Per tant, el gestor ha de determinar, prèviament, quina serà la potència dels seus punts de recàrrega.

- *Cost d'amortització*
  Per determinar el cost d'amortització dels equips de recàrrega es fa ús de dos paràmetres:
  - Proporció que suposa el cost dels equips davant tot el cost d'inversió inicial, que com s'ha comentat anteriorment, engloba el cost dels equips més l'obra civil més la instal·lació.
  - Vida útil dels equips. Tal i com s'ha comentat en l'apartat d'hipòtesis es dóna la possibilitat d'escollir entre 5 o 10 anys de vida útil prenent aquests valors com el mínim i màxim de temps de vida.

- *Cost financer*
  Aquest paràmetre determina l'interès del préstec monetari que el banc dóna a l'empresa gestora.

Ingressos

Aquesta secció determina les tarifes del servei de recàrrega que han de pagar els clients, així doncs serà els ingressos que obtindrà el gestor al proporcionar el servei de recàrrega de bateries. Basant-se en diferents empreses que ofereixen el servei de recàrrega de bateries, s'ha considerat realitzar dues opcions d'ingressos, en una d'elles es cobra solament els quilovat-hora (kwh) consumits i a l'altre es cobra a partir d'una quota mensual.

Cal comentar que, el preu resultant per quilòmetre per un usuari de vehicle elèctric ha de ser inferior al preu per quilòmetre que li suposa a un usuari de vehicle de combustió, perquè sinó no hi hauria incentivació econòmica i la població no donaria el pas per canviar a vehicle elèctric.

- Hipòtesi 1. Aquesta hipòtesi es basa en el cobrament dels quilovats-hora (kwh) consumits. Per tant, els paràmetres a introduir són:
  - Tarifa quilovats-hora (kwh) en funció del tipus d'infraestructura de recàrrega utilitzada. En el capítol 3 del present document s'ha comentat que cada tipus d'infraestructura (carrega lenta, semi-ràpida, ràpida) té un cost de quilovats-hora (kwh) en funció del cost associat de la infraestructura.

  - Quota d'alta d'usuari.

  L'equació que representa aquesta hipòtesi és la següent:

$$\frac{Ingressos}{any} = n^{o}VEacum \cdot \left(X1 \cdot kwh(PdRV) + X2 \cdot kwh(PdRP) + X3 \cdot kwh(PdRR)\right) + n^{o}\, VE \cdot Y$$

$$Ingressos\ totals = \sum_{i=0}^{i=Xmàx} ingressos/any$$

[Equació 11]

On:
NºVEacum=representa el número de vehicles elèctrics acumulats per l'any i.
Nº VE = representa el número de vehicles elèctrics nous per l'any i.
X1= representa el cost del kwh per infraestructures privades vinculades i privades de reforç.
X2= representa el cost del kwh per infraestructures públiques.
X3= representa el cost del kwh per infraestructures de càrrega ràpida.
Kwh(PdRV)= representa els kwh consumits en infraestructures privades vinculades i privades de reforç.
Kwh(PdRP)= representa els kwh consumits en infraestructures públiques.
Kwh(PdRR)= representa els kwh consumits en infraestructures de càrrega ràpida
Y = representa la quota d'alta d'usuari per la tarifa de consum
Xmax: és el número d'anys total del període d'estudi.

- Hipòtesi 2. Aquesta hipòtesi es basa en el cobrament d'una quota mensual que s'ha d'ajustar en funció dels quilòmetres que faci l'usuari. Per tant, els paràmetres a introduir són:
  - Quota mensual.
  - Quota d'alta d'usuari.

  L'equació que representa aquesta hipòtesi és la següent:

$$\frac{Ingressos}{any} = nºVEacum \cdot Qm \cdot 12 + nºVE \cdot Qa$$

$$Ingressos\ totals = \sum_{i=0}^{i=Xmàx} ingressos/any$$

[Equació 12]

On:
NºVEacum=representa el número de vehicles elèctrics acumulats per l'any i.
Qm= representa la quota mensual.
Nº VE = representa el número de vehicles elèctrics nous per l'any i.
Qa = representa la quota d'alta d'usuari per la tarifa de mensual.

5.5 EINA INFORMÀTICA

El model econòmic es basa en una aplicació programada amb l'eina de càlcul Excel, per implementar la base matemàtica i gràfica del model, i amb suport de les macros programades en codi Visual Basic per desenvolupar les parts funcionals. En l'annex 3 s'ha inclòs el codi Visual Basic implementat en el full de càlcul.

L'eina informàtica està estructurada per diferents pestanyes que es relacionen entre sí. Però l'usuari treballa, principalment, en la pestanya principal que és a on s'introdueixen els paràmetres de caracterització del casos i s'obtenen els resultats. Les altres són pestanyes auxiliars per a realitzar els càlculs o de suport pel codi de Visual Basic. A continuació es detalla cada pestanya.

Principal
Aquesta pestanya és l'interfície d'interacció entre l'usuari i el model, on s'inclou la introducció de tots els paràmetres que defineixen cada cas a estudiar, a més de mostrar les gràfiques

resultants dels càlculs. Es divideix en diferents àrees d'introducció de paràmetres coincidint amb l'estructura del model explicada anteriorment. La figura 5.2. mostra la pantalla d'introducció de paràmetres i les diferents àrees que conté i que s'expliquen seguidament.

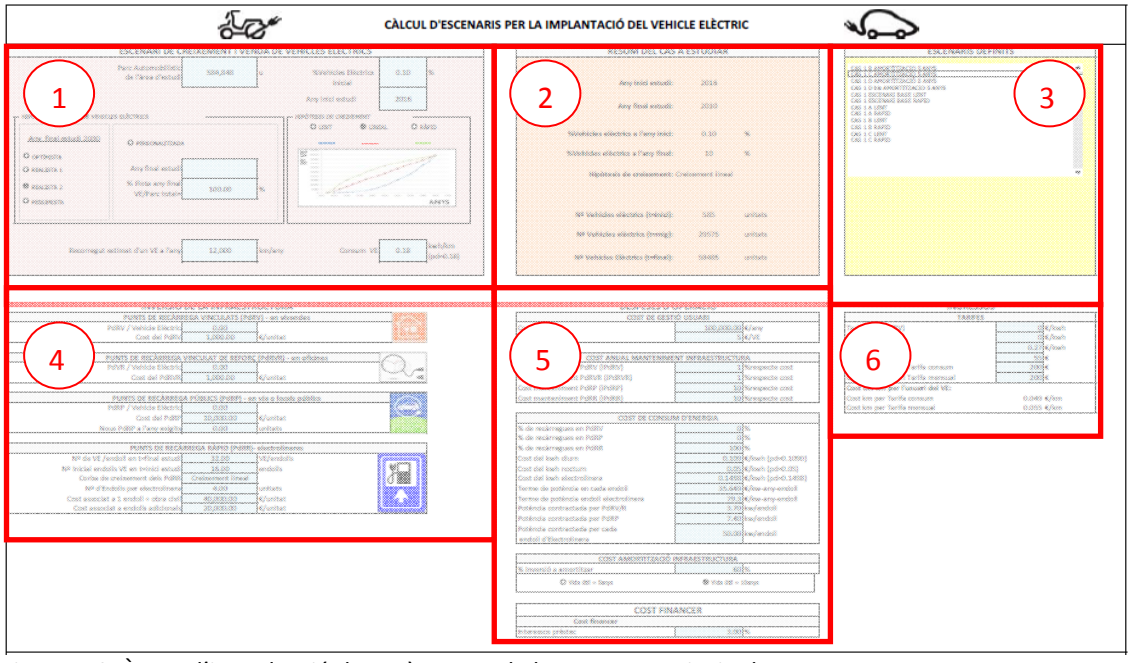


Figura 5.2. Àrees d'introducció de paràmetres de la pestanya principal.
Font: Elaboració pròpia

1. Introducció de paràmetres per definir l'escenari de creixement i venda de vehicles elèctrics (figura 5.3).

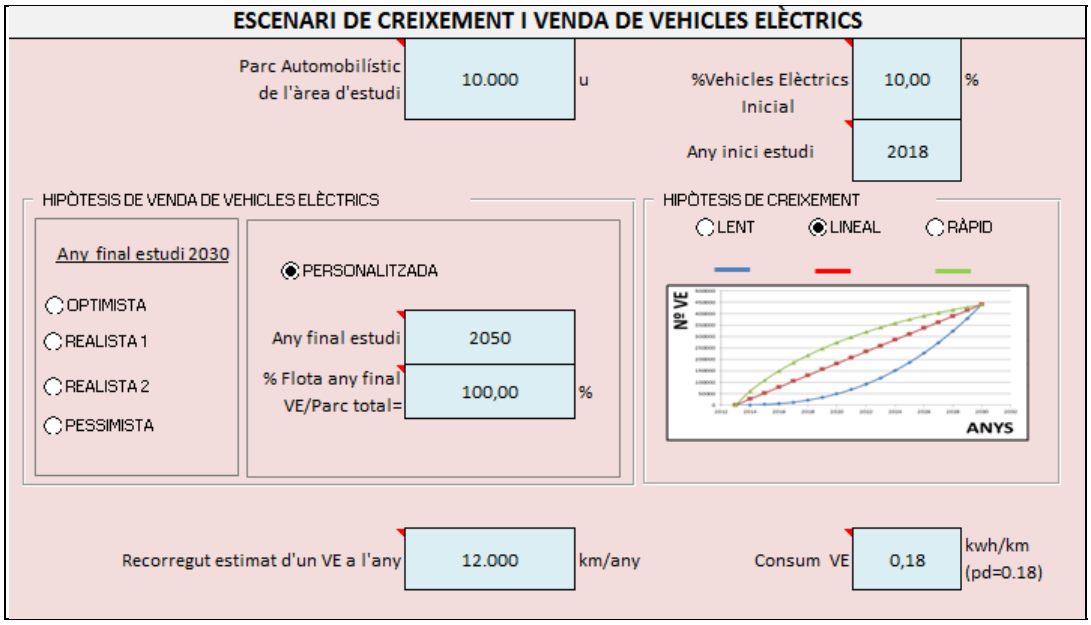


Figura 5.3. Interfície d'introducció de paràmetres de l'àrea 1 de la pestanya principal.
Font: Elaboració pròpia

2. Resum del cas d'estudi, s'indica els paràmetres fixats per determinar el cas d'estudi (figura 5.4.)

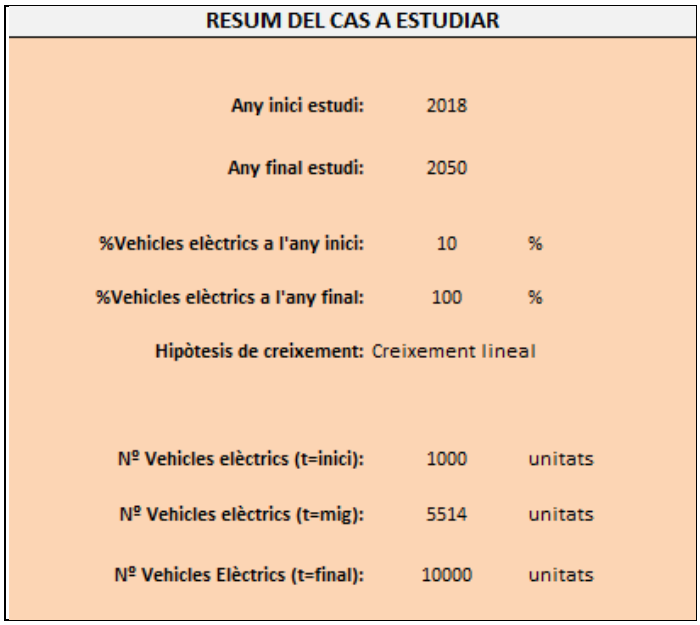


Figura 5.4. Interfície de l'àrea 2 de la pestanya principal.
Font: Elaboració pròpia

3. Recopilació d'escenaris definits. En aquesta secció es guarda el cas d'estudi en el que s'està treballant i es pot escollir qualsevol altre cas ja analitzat prèviament (figura 5.5).

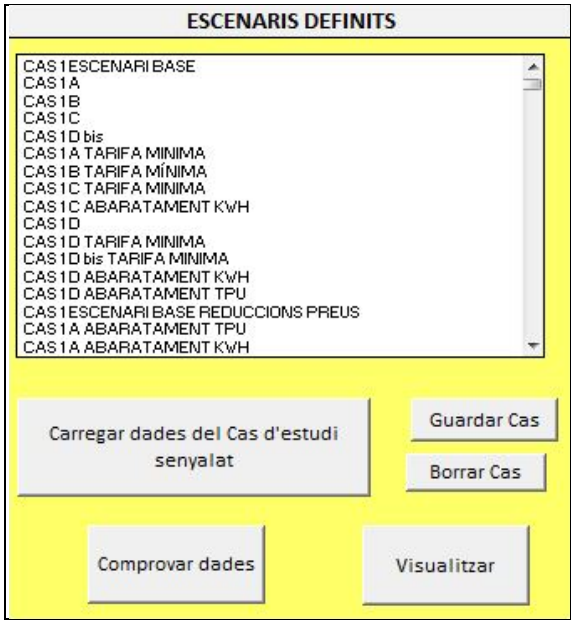


Figura 5.5. Interfície de l'àrea 2 de la pestanya principal.
Font: Elaboració pròpia.

El botó visualitzar permet accedir a un panell d'enllaços que mostra cada un dels gràfics que es descriuen en l'apartat 5.6 del present capítol (figura 5.6).

VISUALITZAR RESULTATS

Tornar al menú d'entrada de dades

Veure gràfic de les hipòtesis de venda de Vehicles Elèctrics

Veure gràfic del total de punts de recàrrega pel cas escollit

Veure gràfic de la inversió necessària per la infraestructura dels punts de recàrrega

Veure gràfic del cost de les despeses d'operació

Veure gràfic del cost de manteniment dels punts de recàrrega més detallat

Veure gràfic comparatiu de les diferents hipòtesi d'ingressos

Veure gràfic comparatiu dels guanys acumulats segons les hipòtesi d'ingressos i cost d'operació

Figura 5.6. Interfície de visualització de gràfics.
Font: Elaboració pròpia.

4. Introducció de paràmetres per definir l'àrea d'inversió de la infraestructura (figura5.7).

INVERSIÓ DE LA INFRAESTRUCTURA

PUNTS DE RECÀRREGA VINCULATS (PdRV) - en vivendes		
PdRV / Vehicle Elèctric	1,00	
Cost del PdRV	1.000,00	€/unitat

PUNTS DE RECÀRREGA VINCULAT DE REFORÇ (PdRVR) - en oficines		
PdVR / Vehicle Elèctric	0,50	
Cost del PdRVR	1.000,00	€/unitat

PUNTS DE RECÀRREGA PÚBLICS (PdRP) - en via o locals públics		
PdRP / Vehicle Elèctric	0,40	
Cost del PdRP	10.000,00	€/unitat
Nous PdRP a l'any exigits	5,00	unitats

PUNTS DE RECÀRREGA RÀPID (PdRR)- electrolineres		
Nº de VE /endoll en t=final estudi	80,00	VE/endolls
Nº inicial endolls VE en t=inici estudi	2,00	endolls
Corba de creixement dels PdRR	Creixement lent	
Nº d'Endolls per electrolinera	4,00	unitats
Cost associat a 1 endoll + obra civil	40.000,00	€/unitat
Cost associat a endolls adicionals	20.000,00	€/unitat

Figura 5.7. Interfície d'introducció de paràmetres de l'àrea 4 de la pestanya principal.
Font: Elaboració pròpia.

5. Introducció de paràmetres per definir l'àrea de despeses d'operació (figura 5.8).

DESPESES D'OPERACIÓ

COST DE GESTIÓ USUARI		
Cost fixe (Qo)	100,000.00	€/any
Cost indirecte	10	€/VE

COST ANUAL MANTENIMENT INFRAESTRUCTURA		
Cost manteniment PdRV (iPdRV)	1	%respecte cost
Cost manteniment PdRVR (iPdRVR)	1	%respecte cost
Cost manteniment PdRP (iPdRP)	10	%respecte cost
Cost manteniment PdRR (iPdRR)	10	%respecte cost

COST DE CONSUM D'ENERGIA		
% de recàrregues en PdRV	75	%
% de recàrregues en PdRP	15	%
% de recàrregues en PdRR	10	%
Cost del kwh diurn	0.109	€/kwh (pd=0.1090)
Cost del kwh nocturn	0.05	€/kwh (pd=0.05)
Cost del kwh electrolinera	0.1498	€/kwh (pd=0.1498)
Terme de potència en cada endoll	35.649473	€/kw-any-endoll
Terme de potència endoll electrolinera	79.3	€/kw-any-endoll
Potència contractada per PdRV/R	3.70	kw/endoll
Potència contractada per PdRP	7.40	kw/endoll
Potència contractada per cada endoll d'Electrolinera	50.00	kw/endoll

COST AMORTITZACIÓ INFRAESTRUCTURA		
% Inversió a amortitzar	70	%

◉ Vida útil = 5anys ◯ Vida útil = 10anys

Cost financer		
Interessos prèstec	4.00	%

Figura 5.8. Interfície d'introducció de paràmetres de l'àrea 5 de la pestanya principal.
Font: Elaboració pròpia.

6. Introducció de paràmetres per definir l'àrea d'ingressos.
   En aquesta secció a part de la introducció dels paràmetres d'ingressos, s'ha afegit un requadre que indica el cost resultant per quilòmetre que li suposarà a l'usuari de vehicle elèctric; d'aquesta manera el gestor de recàrrega podrà observar si aplicant aquestes tarifes tindrà un preu competitiu (figura 5.9).

INGRESSOS

TARIFES		
Tarifa kwh (PdRV)	0,4	€/kwh
Tarifa kwh (PdRP)	0,8	€/kwh
Tarifa kwh (PdRR)	2,5	€/kwh
Quota Mensual	80	€
Quota Alta Usuari Tarifa consum	200	€
Quota Alta Usuari Tarifa mensual	400	€
Cost del km per l'usuari del VE:		
Cost km per Tarifa consum	0,086	€/km
Cost km per Tarifa mensual	0,080	€/km

Figura 5.9. Interfície d'introducció de paràmetres de l'àrea 6 de la pestanya principal.
Font: Elaboració pròpia.

Càlculs auxiliars

Aquesta pestanya acull els càlculs realitzats que conjuntament amb el model programat en visual Basic determinen els resultats que es mostren en diferents gràfics en la pestanya principal.

Auxiliar dades
Serveix com a base de dades de suport al codi de Visual Basic permetent a l'aplicació emmagatzemar tots els casos estudiats i els seus paràmetres.

Auxiliar dades 2
Aquesta pestanya és usada pel codi de Visual Basic per identificar els paràmetres prefixats en les equacions i les variables de tria d'alternativa, com per exemple les hipòtesis de venda de vehicles elèctrics, hipòtesi de creixement i vida útil dels aparells.

Auxiliar funció
Aquesta pestanya és utilitzada per a realitzar els càlculs de l'equació exponencial necessària per determinar el número de vehicles elèctrics en funció de la hipòtesi de venda de vehicles elèctrics escollida inicialment. La pestanya també inclou la determinació del número d'endolls d'electrolineres ja que, com s'ha comentat anteriorment, aquest número també es calcula seguint aquesta equació exponencial.

Auxiliar gràfics
Serveix com a base de dades de suport per a elaborar els gràfics que es mostren en la primera pestanya com a resultat dels càlculs realitzats en l'aplicació.

5.6 RESULTATS I LIMITACIONS

5.6.1. Resultats

Aquest model es presenta com una eina per facilitar l'estudi de casos d'implantació de les infraestructures de mobilitat elèctrica i poder veure la rendibilitat del negoci. El model no ofereix una solució òptima d'implantació de punts de recàrrega en funció de la compra de vehicles elèctrics per part de la població, sinó que busca un resultat econòmic per cada escenari creat amb el qual poder decidir si l'estratègia de negoci plantejada és rendible a un cert temps. Per tant, no té en compte l'aspecte ambiental, ni l'energètic, ni el social, sinó que per a cada cas d'estudi realitza un anàlisi des del punt de vista econòmic.

Tal i com s'ha comentat anteriorment, per executar el model és necessari introduir en el programa un conjunt de paràmetres per definir el cas d'estudi. Els resultats de l'anàlisi es presenten en un total de 7 gràfics. Sis d'ells mostren un resum del cas d'estudi permetent analitzar cada paràmetre, comparar-lo amb els altres i veure quin és el factor que més perjudica a la rendibilitat del negoci, i el setè gràfic representa l'anàlisi econòmica global del cas d'estudi.

S'ha escollit representar els resultats en gràfics, a més d'una exportació dels valors obtinguts mitjançant les operacions de càlcul, perquè es creu que aporten facilitat en la comprensió de les dades i resultats obtinguts. La visualització de les corbes dels diferents paràmetres permet una ràpida comparació entre ells i ajuda a prendre decisions per canviar aquests paràmetres i així realitzar diferents casos d'estudi.

A continuació, fent ús de dos exemples de casos d'estudi completament diferents es fa una explicació de cada gràfic resultant del model.

Cas 1. Aquest cas es basa en una estratègia d'implantació enfocada a l'ús majoritari de càrrega lenta.

A continuació es mostra en vàries figures els paràmetres introduïts en la pestanya principal de la eina del model econòmic que caracteritzen el cas 1 (figures 5.10; 5.11; 5.12).

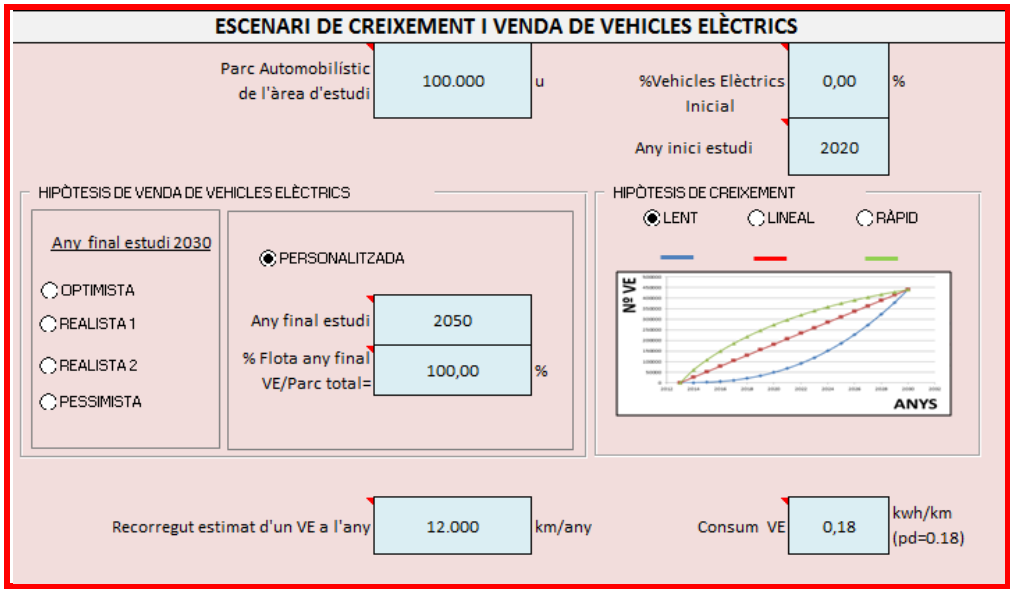


Figura 5.10. Interfície d'introducció de paràmetres de l'àrea 1 de la pestanya principal pel cas 1. Font: Elaboració pròpia

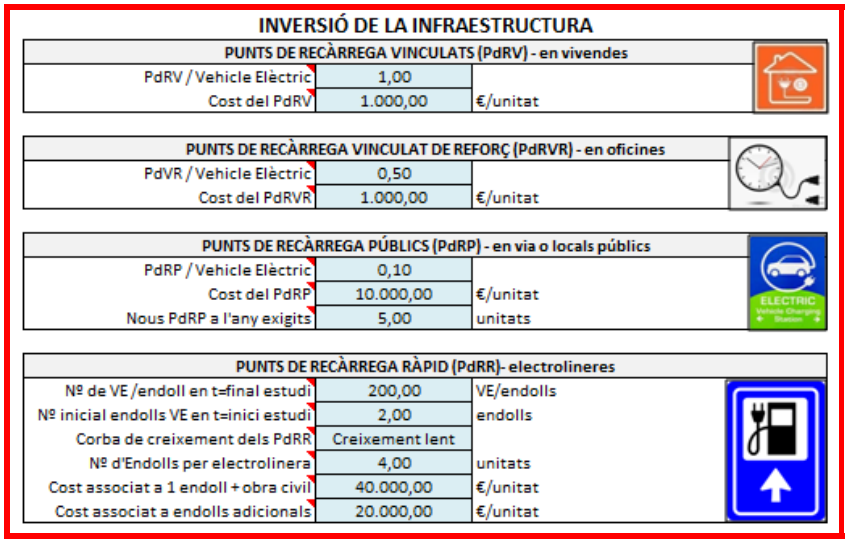


Figura 5.11. Interfície d'introducció de paràmetres de l'àrea 4 de la pestanya principal pel cas 1. Font: Elaboració pròpia.

DESPESES D'OPERACIÓ

COST DE GESTIÓ USUARI		
Cost fixe (Qo)	100.000,00	€/any
Cost indirecte	10	€/VE

COST ANUAL MANTENIMENT INFRAESTRUCTURA		
Cost manteniment PdRV (iPdRV)	1	%respecte cost
Cost manteniment PdRVR (iPdRVR)	1	%respecte cost
Cost manteniment PdRP (iPdRP)	10	%respecte cost
Cost manteniment PdRR (iPdRR)	10	%respecte cost

COST DE CONSUM D'ENERGIA		
% de recàrregues en PdRV	80	%
% de recàrregues en PdRP	15	%
% de recàrregues en PdRR	5	%
Cost del kwh diurn	0,109	€/kwh (pd=0.1090)
Cost del kwh nocturn	0,05	€/kwh (pd=0.05)
Cost del kwh electrolinera	0,1498	€/kwh (pd=0.1498)
Terme de potència en cada endoll	35,649473	€/kw-any-endoll
Terme de potència endoll electrolinera	79,3	€/kw-any-endoll
Potència contractada per PdRV/R	3,70	kw/endoll
Potència contractada per PdRP	7,40	kw/endoll
Potència contractada per cada endoll d'Electrolinera	50,00	kw/endoll

COST AMORTITZACIÓ INFRAESTRUCTURA		
% Inversió a amortitzar	40	%

○ Vida útil = 5anys ◉ Vida útil = 10anys

COST FINANCER		
Interessos prèstec	3,00	%

INGRESSOS

TARIFES		
Tarifa kwh (PdRV)	0,27	€/kwh
Tarifa kwh (PdRP)	0,5	€/kwh
Tarifa kwh (PdRR)	2	€/kwh
Quota Mensual	60	€
Quota Alta Usuari Tarifa consum	200	€
Quota Alta Usuari Tarifa mensual	400	€
Cost del km per l'usuari del VE:		
Cost km per Tarifa consum	0,070	€/km
Cost km per Tarifa mensual	0,060	€/km

Figura 5.12. Interfícies d'introducció de paràmetres de l'àrea 5 i 6 de la pestanya principal pel cas 1. Font: Elaboració pròpia.

Cas 2. Aquest cas es basa en una estratègia d'implantació enfocada a l'ús majoritari de càrrega ràpida.

A continuació es mostra en vàries figures els paràmetres introduïts en la pestanya principal de la eina del model econòmic que caracteritzen el cas 2 (figures 5.13; 5.14; 5.15).

ESCENARI DE CREIXEMENT I VENDA DE VEHICLES ELÈCTRICS

Parc Automobilístic de l'àrea d'estudi: 100.000 u

%Vehicles Elèctrics Inicial: 0,00 %

Any inici estudi: 2020

HIPÒTESIS DE VENDA DE VEHICLES ELÈCTRICS

Any final estudi 2030

○ OPTIMISTA
○ REALISTA 1
○ REALISTA 2
○ PESSIMISTA

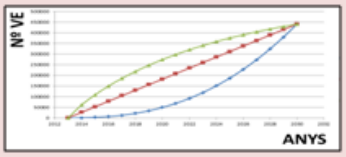
◉ PERSONALITZADA

Any final estudi: 2050

% Flota any final VE/Parc total= 100,00 %

HIPÒTESIS DE CREIXEMENT

○ LENT ○ LINEAL ◉ RÀPID



Recorregut estimat d'un VE a l'any: 12.000 km/any

Consum VE: 0,18 kwh/km (pd=0.18)

Figura 5.13. Interfície d'introducció de paràmetres de l'àrea 1 de la pestanya principal pel cas 2. Font: Elaboració pròpia.

INVERSIÓ DE LA INFRAESTRUCTURA

PUNTS DE RECÀRREGA VINCULATS (PdRV) - en vivendes		
PdRV / Vehicle Elèctric	0,80	
Cost del PdRV	1.000,00	€/unitat

PUNTS DE RECÀRREGA VINCULAT DE REFORÇ (PdRVR) - en oficines		
PdVR / Vehicle Elèctric	0,20	
Cost del PdRVR	1.000,00	€/unitat

PUNTS DE RECÀRREGA PÚBLICS (PdRP) - en via o locals públics		
PdRP / Vehicle Elèctric	0,10	
Cost del PdRP	10.000,00	€/unitat
Nous PdRP a l'any exigits		unitats

PUNTS DE RECÀRREGA RÀPID (PdRR)- electrolineres		
Nº de VE /endoll en t=final estudi	80,00	VE/endolls
Nº inicial endolls VE en t=inici estudi	5,00	endolls
Corba de creixement dels PdRR	Creixement ràpid	
Nº d'Endolls per electrolinera	4,00	unitats
Cost associat a 1 endoll + obra civil	40.000,00	€/unitat
Cost associat a endolls adicionals	20.000,00	€/unitat

Figura 5.14. Interfície d'introducció de paràmetres de l'àrea 4 de la pestanya principal pel cas 2.
Font: Elaboració pròpia.

DESPESES D'OPERACIÓ

COST DE GESTIÓ USUARI		
Cost fixe (Qo)	100.000,00	€/any
Cost indirecte	10	€/VE

COST ANUAL MANTENIMENT INFRAESTRUCTURA		
Cost manteniment PdRV (iPdRV)	1	%respecte cost
Cost manteniment PdRVR (iPdRVR)	1	%respecte cost
Cost manteniment PdRP (iPdRP)	10	%respecte cost
Cost manteniment PdRR (iPdRR)	10	%respecte cost

COST DE CONSUM D'ENERGIA		
% de recàrregues en PdRV	30	%
% de recàrregues en PdRP	10	%
% de recàrregues en PdRR	60	%
Cost del kwh diurn	0,109	€/kwh (pd=0.1090)
Cost del kwh nocturn	0,05	€/kwh (pd=0.05)
Cost del kwh electrolinera	0,1498	€/kwh (pd=0.1498)
Terme de potència en cada endoll	35,649473	€/kw-any-endoll
Terme de potència endoll electrolinera	79,3	€/kw-any-endoll
Potència contractada per PdRV/R	3,70	kw/endoll
Potència contractada per PdRP	7,40	kw/endoll
Potència contractada per cada endoll d'Electrolinera	50,00	kw/endoll

COST AMORTITZACIÓ INFRAESTRUCTURA		
% Inversió a amortitzar	40	%
○ Vida útil = 5anys	◉ Vida útil = 10anys	

COST FINANCER		
Interessos prèstec	3,00	%

INGRESSOS

TARIFES		
Tarifa kwh (PdRV)	0,1	€/kwh
Tarifa kwh (PdRP)	0,3	€/kwh
Tarifa kwh (PdRR)	0,55	€/kwh
Quota Mensual	60	€
Quota Alta Usuari Tarifa consum	200	€
Quota Alta Usuari Tarifa mensual	400	€
Cost del km per l'usuari del VE:		
Cost km per Tarifa consum	0,070	€/km
Cost km per Tarifa mensual	0,060	€/km

Figura 5.15. Interfícies d'introducció de paràmetres de l'àrea 5 i 6 de la pestanya principal pel cas 2.
Font: Elaboració pròpia.

Un cop definits els dos casos, es procedeix a fer córrer el programa per obtenir els resultats i d'aquesta manera explicar el contingut i ús de cada gràfic.

Gràfic 1. Hipòtesi de venda seleccionada

La figura 5.16 presenta dos exemples del gràfic 1 on es determina la corba i número de vehicles elèctrics que s'ha definit en el cas d'estudi any per any. Es pot veure l'evolució del número d'usuaris que hi haurà en l'àrea d'estudi en els anys que s'ha determinat que duri l'estudi.

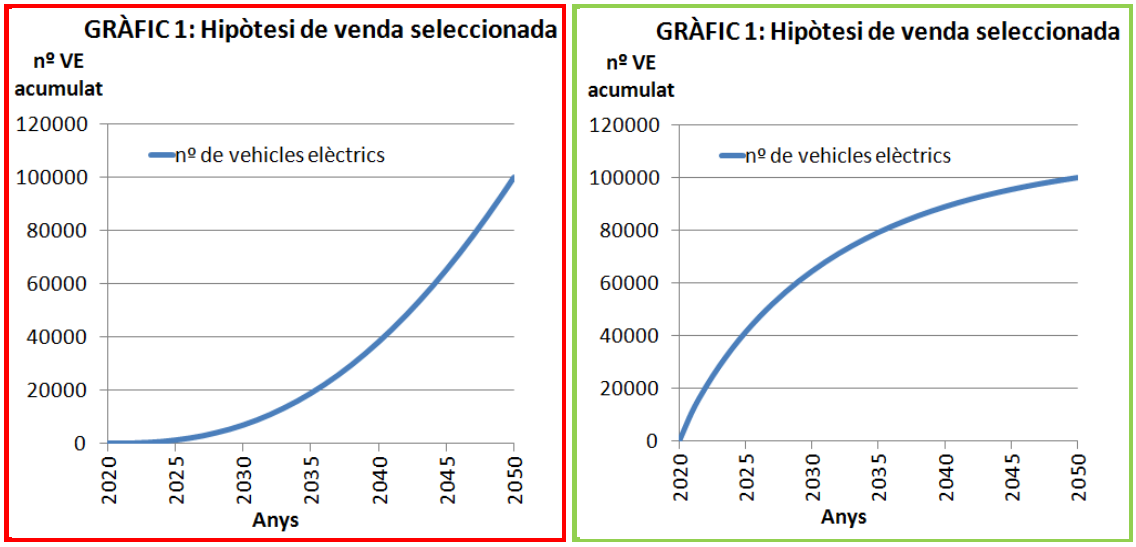


Figura 5.16. Exemples del gràfic tipus 1 de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

En la figura 5.16 s'observa que les corbes que descriuen el número de vehicles elèctrics en els dos casos són completament diferents, encara que a l'any 2050 tenen la mateixa xifra de vehicles elèctrics. Això és degut a que el cas 1 s'ha caracteritzat amb un creixement lent i el cas 2 amb un creixement ràpid.

Gràfic 2. Infraestructura de recàrrega

La figura 5.17 mostra els gràfics tipus 2 obtinguts dels dos exemples proposats. Els gràfics mostren les corbes definides pel número de punts de recàrrega que s'ha determinat en el model. Cada tipus d'infraestructura està representat per una línia de manera que es pot veure i comparar el número d'infraestructures de cada tipus i veure la corba de creixement de cada infraestructura.

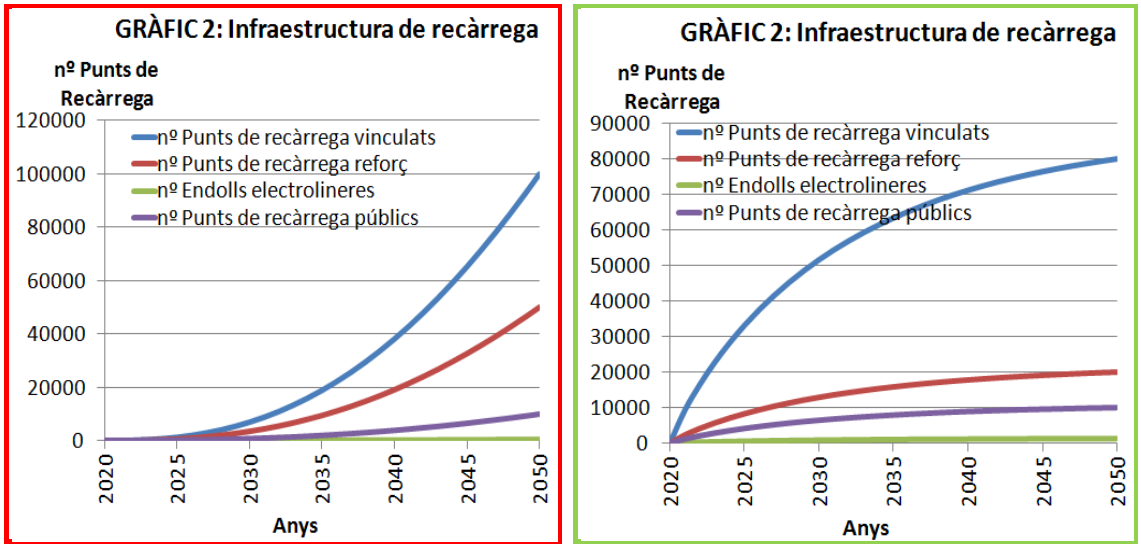


Figura 5.17. Exemples del gràfic tipus 2 de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Comparant els dos gràfics s'observa un creixement de la infraestructura completament diferent. Això és degut a dos aspectes:

- Els paràmetres de l'àrea "Inversió de la infraestructura" que s'han fixat en cada cas.

- La corba de creixement, ja que el número de punts de recàrrega depèn directament del número de vehicles elèctrics.

Tal i com s'ha comentat a l'inici d'aquest apartat, el cas 1 es basa en una estratègia d'implantació enfocada a un ús majoritari de càrrega lenta, en canvi el cas 2 es planteja amb un ús majoritari d'infraestructura de càrrega ràpida. Per tant, el número d'infraestructures de càrrega lenta en el cas 1 és major que en el cas 2, en canvi el número de punts de càrrega ràpida és major en el cas 2.

Gràfic 3. Inversió per any de la infraestructura de recàrrega.

La figura 5.18 mostra els gràfics tipus 3 de la eina informàtica obtinguts dels dos exemples proposats. Aquest tipus de gràfic mostra la inversió inicial realitzada per cada tipus d'infraestructura de recàrrega. El gràfic proporciona una eina de comparació de la inversió que s'ha de realitzar per tipus d'infraestructura, és a dir infraestructura vinculada i vinculada de reforç, infraestructura pública i electrolineres, i així veure quina és la que necessita més inversió.

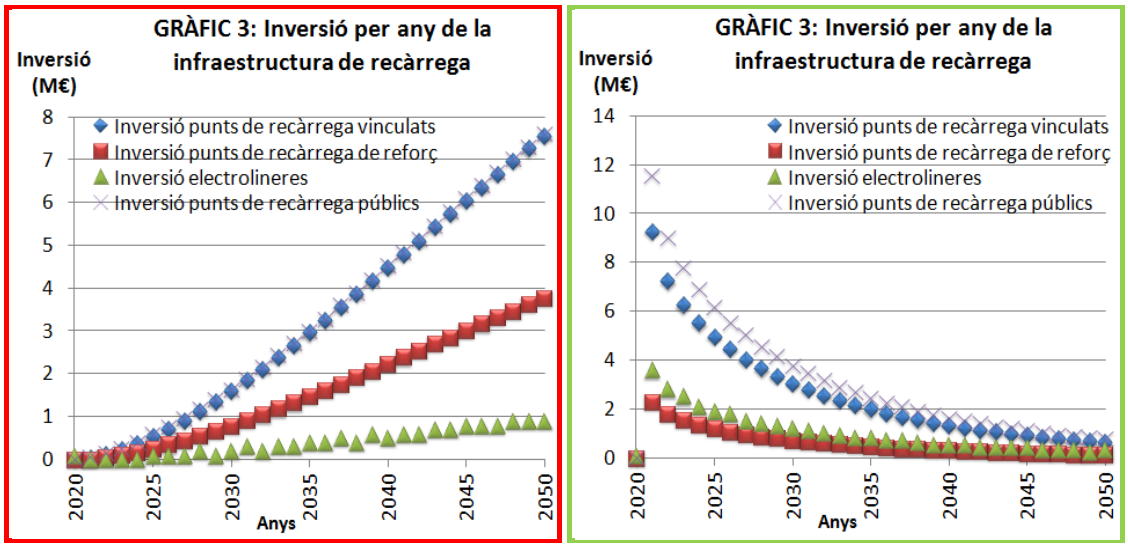


Figura 5.18. Exemples del gràfic tipus 3 de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Comparant els gràfics obtinguts dels dos casos, s'observa que en el cas 1 la inversió augmenta al pas dels anys en canvi en el cas 2 passa al revés. Aquest fet és degut a la corba de creixement determinada per a cada cas.

Si s'analitza cada gràfic per separat, es pot observar quina és la infraestructura que més inversió inicial necessita per cada cas, i per tant, més cost produeix al gestor de recàrrega. D'aquesta manera, el gestor pot prendre decisions sobre l'estratègia d'implantació a seguir, en funció del cost d'inversió i el rendiment que obté de cada infraestructura. En aquests exemples, en el cas 1, s'observa que la major inversió està destinada a infraestructura vinculada i pública, però tal i com mostra la figura 5.2 "Interfície d'introducció de paràmetres de l'àrea 4 de la pestanya principal pel cas 1" s'ha determinat un número molt menor de punts de recàrrega públics que de punts de recàrrega vinculats; per tant, la conclusió que s'extreu d'aquest gràfic 3 és que la inversió dels punts de recàrrega públics és superior respecte la inversió de l'altre infraestructura. En el cas 2 passa exactament el mateix, la inversió en infraestructura pública és major que les altres.

Gràfic 4. Despeses d'operació

La figura 5.19 ensenya els gràfics tipus 4 obtinguts d'aplicar els dos casos exemple. Aquest tipus de gràfic mostra el cost de la inversió inicial total i dels diferents conceptes que integren les despeses d'operació, permetent realitzar una comparació entre aquests i així percebre quin component impacta més en els costos de l'empresa. D'aquesta manera el gestor coneix l'evolució dels costos i pot treure conclusions per prendre decisions sobre l'estratègia a seguir.

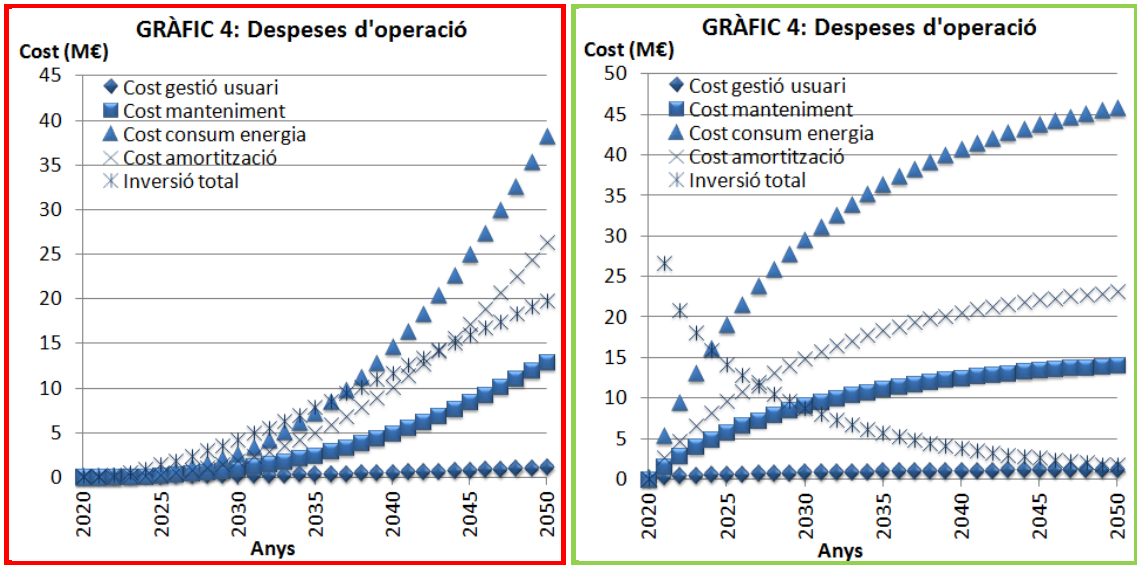


Figura 5.19. Exemples del gràfic tipus 4 de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Cada gràfic mostra l'evolució dels costos caracteritzats pels paràmetres introduïts en la pestanya principal de l'eina informàtica, per això comparant els dos exemples entre ells s'observa una evolució dels costos diferent. En canvi, analitzant cada cas, s'observa que en ambdós el cost del consum d'energia és el més alt i el cost de gestió d'usuari el més baix.

Gràfic 5. Cost manteniment d'infraestructures

La figura 5.20 mostra els gràfics tipus 5 de la eina informàtica obtinguts dels dos exemples proposats. Aquest tipus de gràfic mostra el cost anual de manteniment per tipus d'infraestructura durant tot l'estudi. Aquest paràmetre està representat en el gràfic anterior, despeses d'operació, però es creu important fer un anàlisi més profund ja que és un paràmetre significatiu per definir el tipus d'infraestructura a implantar.

Aquest gràfic ajuda al gestor a saber quin és el tipus d'infraestructura que li suposa més despesa de manteniment. Si es considera aquest tipus de gràfic 5 juntament amb un anàlisi dels ingressos, especificats per tipus d'infraestructura, el gestor té una eina per veure el rendiment per tipus d'infraestructures i per tant podrà decidir quina estratègia d'implantació és més apropiada pel seu negoci i pels usuaris.

Cada gràfic mostrat en la figura 5.19 mostra els costos associats al manteniment dels punts de recàrrega determinats pels paràmetres introduïts en la pestanya principal de l'eina informàtica. És per això que cada gràfic mostra unes corbes diferents en funció de l'estratègia que s'ha optat per cada cas. El cas 1 es basa en una estratègia d'implantació enfocada a l'ús majoritari de càrrega lenta, en canvi el cas 2 en una implantació enfocada a l'ús majoritari de càrrega ràpida.

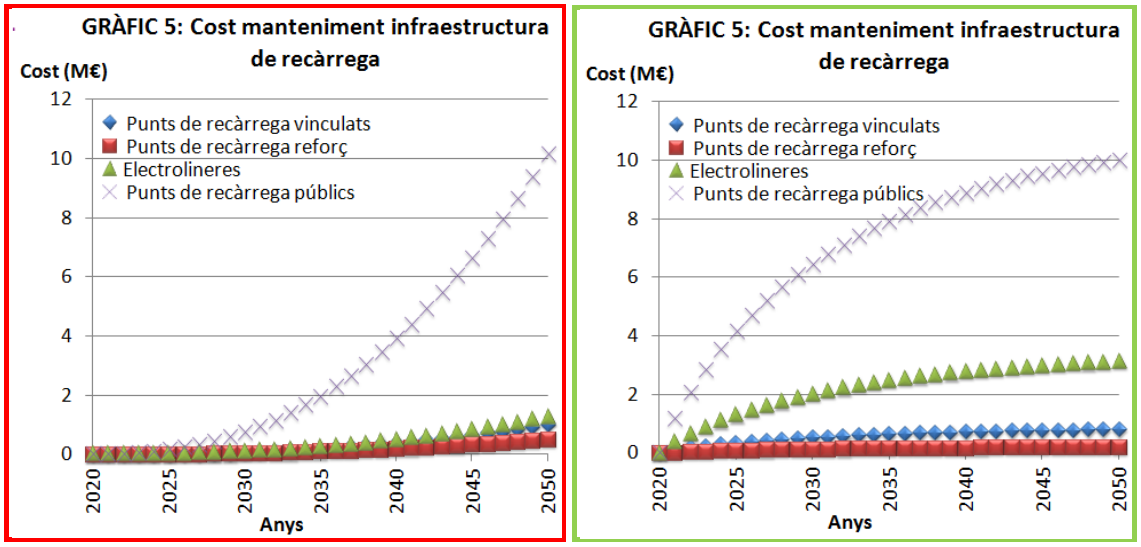


Figura 5.20. Exemples del gràfic tipus 5 de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Gràfic 6. Ingressos

La figura 5.21 presenta els gràfics tipus 6 de la eina informàtica obtinguts dels dos exemples proposats. El gràfic tipus 6 compara les hipòtesis realitzades en funció del concepte d'ingressos. Es mostra els ingressos anuals en el període d'estudi i el gestor veu gràficament la diferència entre les hipòtesis.

Comparant els dos gràfics s'observa una corba d'ingressos diferents. Si es recorda el dibuix dels gràfics 1 (hipòtesi de venda de vehicles elèctrics) s'aprecia que tenen la mateixa forma. Això és degut a que els ingressos s'obtenen a partir del número d'usuaris de vehicles elèctrics, del cost dels quilovat-hora (kwh) consumits de cada tipus d'infraestructura i del cost de les quotes; per tant el paràmetre de la corba de creixement de vehicles elèctrics és el que dóna forma a aquests gràfics i les quotes i tarifes els paràmetres que determinen el valor dels ingressos.

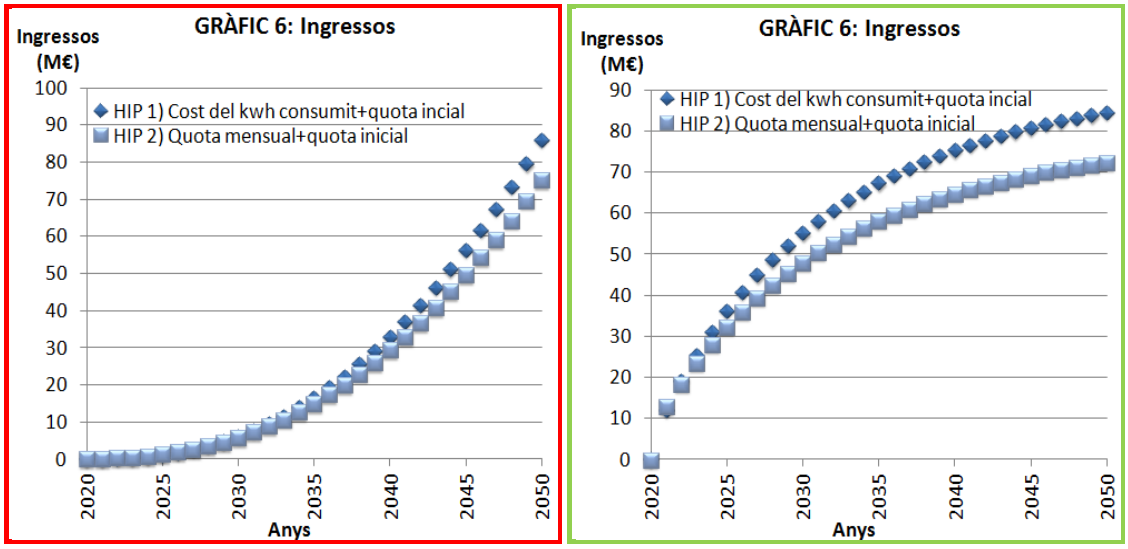


Figura 5.21. Exemples del gràfic tipus 6 de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Gràfic 7. Guanys acumulats

La figura 5.22 mostra els gràfics tipus 7 de la eina informàtica obtinguts dels dos exemples proposats. Des del punt de vista empresarial, aquest tipus de gràfic és principal a tenir en compte. Aquest mostra les corbes de creixement de les hipòtesis definides de guanys acumulats en el cas d'estudi. És a dir, amb aquest gràfic el gestor de recàrrega pot concloure si el negoci tindrà èxit i en quants anys començarà a tenir guanys en funció dels paràmetres establerts pel cas d'estudi.

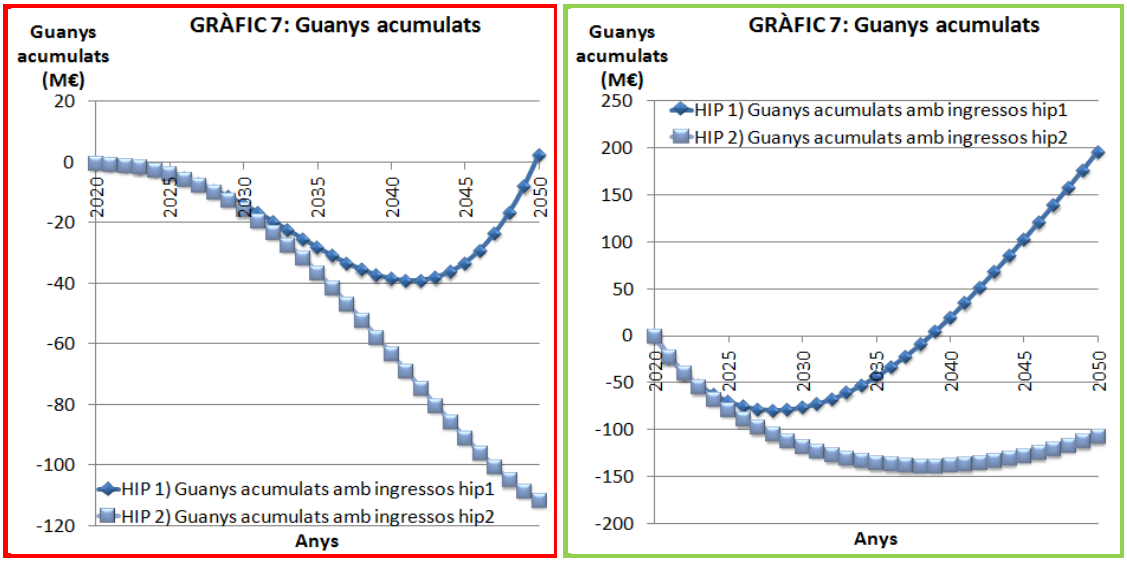


Figura 5.22. Exemples del gràfic tipus 7 de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Comparant els dos gràfics de la figura 5.21 s'observa que hi ha dos comportaments totalment diferents. En el gràfic de l'esquerra, que representa el cas 1 (estratègia d'implantació enfocada a l'ús majoritari de càrrega lenta), es comprova que amb els paràmetres determinats en la pestanya principal de la eina informàtica per configurar la hipòtesi 1 d'ingressos, els guanys començarien a produir-se a partir de l'any 2050, en canvi amb la hipòtesi 2 d'ingressos no hauria guanys ni tendència de millora durant el període establert. En el cas 2 (estratègia d'implantació enfocada a l'ús majoritari de càrrega ràpida) es comprova que aplicant els paràmetres d'ingressos de la hipòtesi 1 els guanys començarien una mica abans dels 20 anys de negoci, però en canvi amb la hipòtesi 2 d'ingressos aquests no es produirien durant el període d'estudi però es veu una clara tendència a millora.

És a partir d'aquests resultats que el gestor ha de variar els paràmetres per obtenir diferents casos i així analitzar-los fins obtenir una implantació d'infraestructura que sigui òptima pel seu negoci i per a la societat a la que dóna servei.

5.6.2. Limitacions

En aquest punt es diferencia entre limitacions del model plantejat per a realitzar l'anàlisi econòmica i les limitacions pròpies de la eina informàtica que utilitza el model. Aquest és un model determinista, en el qual es determinen uns valors pels paràmetres a definir per caracteritzar el cas d'estudi i mitjançant la eina informàtica s'obté uns resultats, els quals han de ser analitzats pel propi usuari.

Model econòmic

- Es limita el període d'estudi a un màxim de 50 anys, ja que es considera que amb un interval superior no es pot valorar el futur del negoci.
- No té en compte la variació de paràmetres de caire econòmic, ni de consum de quilovats-hora (kwh), etc. Aquestes variacions aporten complexitat a la eina informàtica però conceptualment no aporten valor afegit al model.
- Considera un valor mig de quilòmetres recorreguts a l'any; una variació d'aquest paràmetre suposaria un altre cas d'estudi. Per tant és un model que treballa amb valors generals no és específic per cada usuari.
- Considera un valor fix de potència contractada pels punts de recàrrega en funció de la velocitat de càrrega durant tot el període d'estudi. En la taula 3.10 del capítol 3 del present treball s'ha detallat el rang de potència amb el qual pot treballar cada tipus de punt de recàrrega, però el model no dóna opció a que d'un mateix tipus de punt de recàrrega pugui haver diferents potències.
- No té en compte altre mode de càrrega que no sigui la càrrega conductiva. El model solament serveix per a gestors de punts de recàrrega conductiva.

Eina informàtica

- No controla que els valors dels paràmetres estiguin dins de límits raonables. És a dir, els paràmetres a introduir són lliures i l'usuari del model podria introduir qualsevol valor. El programa farà el càlcul pels valors que s'hagi introduït i serà el propi gestor qui després haurà d'analitzar els resultats obtinguts i decidir si aquests són fiables o no.
- No permet la comparació entre casos d'estudi ni dóna el resultat de l'escenari d'implantació òptim. Ha de ser el gestor qui analitzi els casos, modifiqui els paràmetres i tregui les conclusions.

CAPÍTOL 6. IMPLANTACIÓ DEL MODEL ECONÒMIC A BARCELONA

6.1. INTRODUCCIÓ

En aquest capítol es realitza l'aplicació del model econòmic al cas de la ciutat de Barcelona. La ciutat absorbeix cada dia un gran nombre de vehicles i desplaçaments que cal tenir en compte, és el nucli d'una gran metròpoli, l'Àrea Metropolitana, on la majoria de les persones passen gran part del dia. És per això, i perquè les dades de que es disposa són d'aquesta ciutat, que se centra l'estudi solament en la ciutat com a exemple territorial de la implantació de la mobilitat elèctrica al territori, ja que per a tenir una bona xarxa d'infraestructures de recàrrega és necessari que aquesta s'expandeixi i acabi donant servei a tot el territori metropolità.

Per a que un gestor de recàrrega pugui estudiar i determinar quina serà l'estratègia que seguirà per a la implantació de la infraestructura de recàrrega, cal que tingui coneixement sobre els paràmetres que defineixen la ciutat, les estratègies municipals sobre mobilitat sostenible, l'estat actual i futur sobre infraestructures i flota de vehicles elèctrics que hi ha a la ciutat. D'aquesta manera té tots els paràmetres per poder crear diverses estratègies d'implantació d'infraestructura de recàrrega, analitzar-les i escollir la més beneficiosa pels seu negoci i per a la implantació del vehicle elèctrics a Barcelona.

6.2 PARÀMETRES DE BARCELONA

6.2.1. Paràmetres que defineixen Barcelona

Paràmetres geogràfic i demogràfics

La ciutat de Barcelona té una superfície de 101 km^2. Aquesta àrea està formada per 1.369,49 km de carrers, una superfície destinada a vehicles de 11,35 km^2 i 15,81 km^2 per a vianants (Ajuntament de Barcelona et al., 2014). La superfície de la ciutat de Barcelona no pot créixer més si no és guanyant terreny al mar, però també és cert que cada cop està més ben connectada amb les poblacions del voltant, facilitant l'accés d'aquesta població a la ciutat o a l'inrevés.

La població a la ciutat l'any 2013 és de 1.611.822 habitants amb una densitat de 15.959 hab/km (Idescat, 2013). Aquesta valor ha disminuït un 0,56% respecte l'any anterior (1.620.943), i si es compara amb l'any 2009 (1.638.103) es veu una reducció del 0,98%. Per tant, es veu una tendència de disminució de la població de Barcelona.

Parc de vehicles

En quant a número de vehicles, la taula 6.1. mostra les dades més recents de la flota de vehicles per l'any 2013, amb les quals s'observa que Barcelona té una relació de 2,8 habitants per turisme.

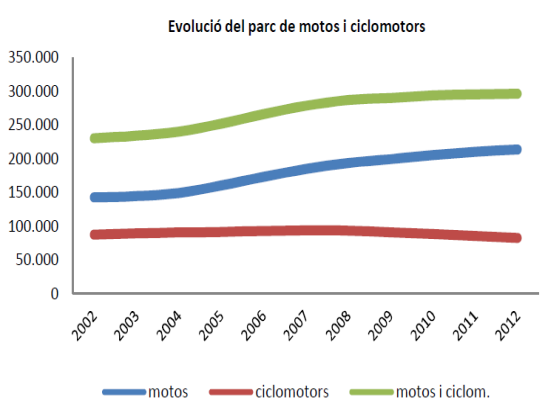
VEHICLES	ANY 2013
Turismes	572.998
Motocicletes	222.407
Vehicles industrials	102.640

Altres	18.277
Total	916.272

Taula 6.1. Flota de vehicles a Barcelona any 2013.
Font: Idescat, 2013.

Cal comentar que el parc automobilístic de la ciutat de Barcelona ha patit una petita davallada en els últims anys degut a la influència de l'estat econòmic que es viu i l'ús més freqüent de transport públic per realitzar desplaçaments (veure figura 6.1.). Aquest aspecte fa pensar que en els pròxims anys no hi haurà un increment molt elevat de número de vehicles, sinó que la tendència del mercat automobilístic continuarà en aquesta línia o recuperant-se lentament.

ANY	turismes	motos i ciclom.	motos	ciclomotors	furg. i camions	furgonetes	camions	altres	TOTAL
2002	605.742	230.429	142.813	87.616	77.769	41.657	36.112	17.105	931.045
2003	603.343	234.163	144.584	89.579	76.063	41.379	34.684	17.689	931.258
2004	607.791	240.093	149.363	90.730	78.880	42.234	36.646	18.468	945.232
2005	617.291	252.042	160.392	91.650	76.306	43.549	32.757	19.533	965.172
2006	616.814	266.257	173.190	93.067	74.450	42.342	32.108	20.927	978.448
2007	617.022	278.671	184.888	93.783	73.491	42.234	31.257	21.967	991.151
2008	608.830	287.284	193.902	93.382	69.099	38.968	30.131	24.953	990.166
2009	599.534	290.341	199.407	90.934	64.695	36.175	28.520	27.333	981.903
2010	597.618	294.096	205.705	88.391	60.457	33.451	27.006	29.409	981.580
2011	591.733	295.733	210.328	85.405	57.942	31.831	26.111	30.937	976.345
2012	584.848	296.618	213.875	82.743	54.904	29.810	25.094	31.962	968.332
2013	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
composició	60,4%	30,6%	22,1%	8,5%	5,7%	3,1%	2,6%	3,3%	100,0%
12/11%	-1,2%	0,3%	1,7%	-3,1%	-5,2%	-6,3%	-3,9%	3,3%	-0,8%
12/09%	-2,4%	2,2%	7,3%	-9,0%	-15,1%	-17,6%	-12,0%	16,9%	-1,4%



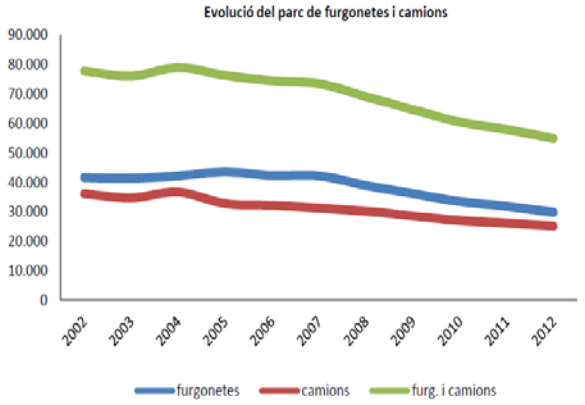


Figura 6.1. Evolució del parc automobilístic de la ciutat de Barcelona.
Font: Ajuntament de Barcelona., 2014.

El gestor de recàrrega, al comprovar aquestes dades, pot adoptar la hipòtesi de que el seu mercat de vehicles final, és a dir quan tots els vehicles siguin 100% elèctrics, serà com el parc automobilístic de l'any 2013, ja que en funció de l'evolució existent fins al moment no es preveu que canviï molt.

Places d'estacionament

L'oferta de places d'aparcament en la ciutat de Barcelona és limitada pel gran volum de vehicles que absorbeix cada dia.

La majoria dels residents a la ciutat amb cotxe fan ús de pàrking privat per estacionar els seus vehicles durant les nits. També existeixen un nombre de places d'estacionament en calçada on es permet estacionar el vehicle de manera gratuïta durant la nit amb un horari establert.

Durant la jornada laboral, les persones que venen a treballar a Barcelona amb vehicle privat i no són residents, la majoria fan ús de pàrkings d'ús públic, pàrking d'oficines o places d'estacionament en calçada. Aquestes últimes estan destinades a oferir un lloc d'estacionament limitat horàriament mentre es realitzen les gestions, per tant, no són places d'aparcament per poder deixar tot el dia el vehicle estacionat.

La figura 6.2 mostra en un esquema els estacionaments existents a la ciutat de Barcelona a data de 2013.

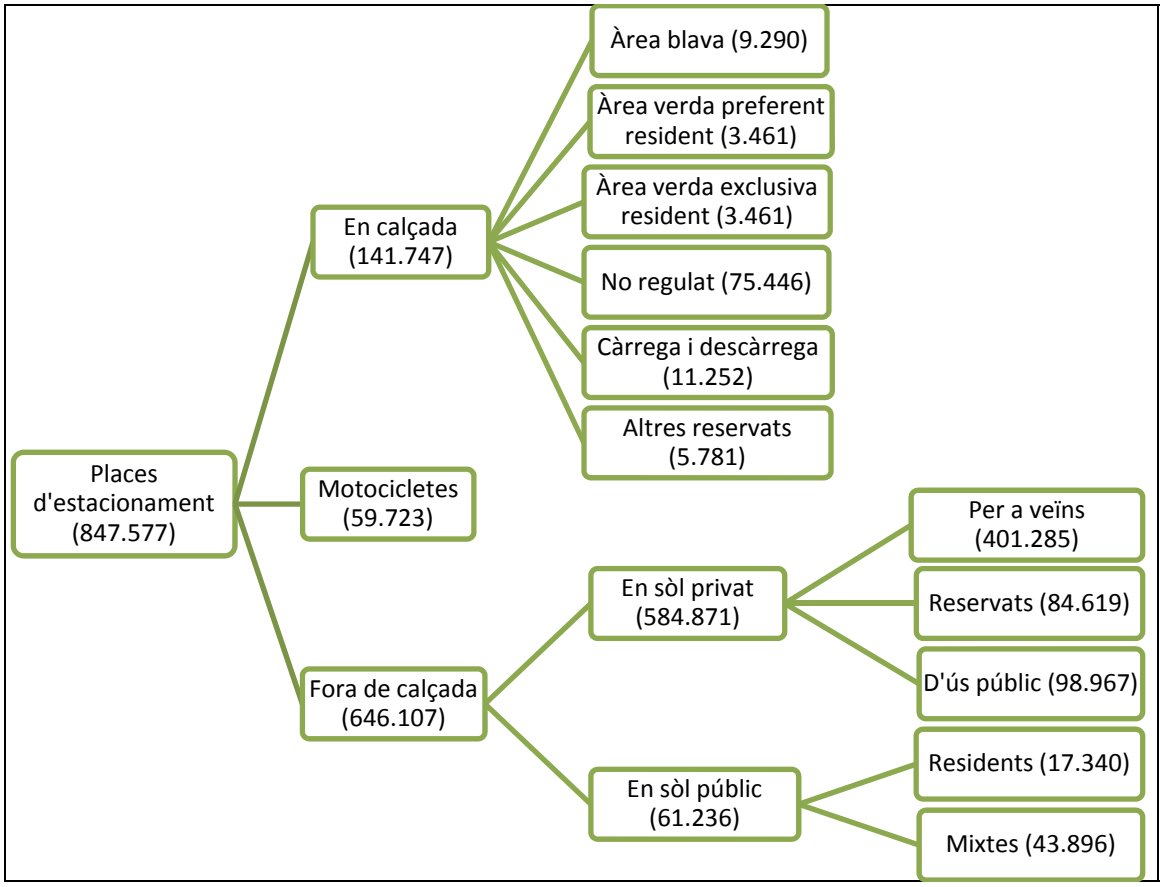


Figura 6.2. Estacionaments en la ciutat de Barcelona a l'any 2013.
Font: Ajuntament de Barcelona, 2014.

Es pot observar que la majoria de places d'aparcament estan situades fora de calçada (76%), aquest és un aspecte que des de l'Ajuntament de Barcelona es vol aconseguir, i és per això que durant el 2013 s'ha reduït aquest nombre en un 4% respecte el 2012 (taula 6.2).

TIPOLOGIA	2009	2010 (*)	2011	2012	2013	%13/12	%13/10
AREA BLAVA	10.349	10.190	10.190	10.190	9.280	-8,9%	-8,9%
AREA VERDA PREFERENT RESIDENT	35.729	40.368	40.244	40.876	36.527	-10,6%	-9,5%
AREA VERDA EXCLUSIVA RESIDENT	4.541	4.020	3.986	3.990	3.461	-13,3%	-13,9%
C/D	12.475	12.003	11.853	11.368	11.252	-1,0%	-6,3%
Lliure	121.407	76.313	75.446	75.446	75.446	0,0%	-1,1%
Altres reserves (incl. Minus.)			5.781	5.781	5.781	0,0%	
En calçada	184.501	148.675	147.500	147.651	141.747	-4,0%	-4,7%

Taula 6.2. Evolució de l'oferta d'aparcament de turismes en calçada.
Font: Ajuntament de Barcelona, 2014.

Des del punt de vista de gestor de recàrrega es comprèn que és necessari realitzar un estratègia d'implantació d'infraestructura privada vinculada, que és on la gran majoria de vehicles seran estacionats per la nit i on podran fer la càrrega completa del seu vehicle. No

obstant, caldrà oferir també servei de recàrrega en infraestructura pública per donar servei a aquells usuaris que no resideixin a Barcelona ciutat o que no tinguin pàrking propi on aparcar el seu vehicle.

6.2.2. Mobilitat a Barcelona

Barcelona és una ciutat que concentra una alta activitat econòmica, això fa que s'hagi convertit en el centre d'una gran metròpoli de quatre milions d'habitants que diàriament fan milers de desplaçaments entre la ciutat i al voltant d'aquesta. Per tant, el repartiment de desplaçaments és diferent si es considera únicament les persones que viuen a Barcelona o si es té en compte tots els ciutadans que viuen a la resta de la Regió Metropolitana de Barcelona.

Desplaçaments

Segons l'EMEF 2013, en un dia feiner, en la Regió Metropolitana de Barcelona es realitzen gairebé 6,7 milions de desplaçaments amb origen i/o destinació Barcelona. S'inclou en aquesta xifra els desplaçaments de menys de 5 minuts i s'exclou els desplaçaments de menors de 16 anys i desplaçaments de professionals del transport. El 78,5% d'aquests desplaçaments són realitzats pels barcelonins, i el restant 21,5% són efectuats per residents a la resta de la Regió Metropolitana (taula 6.3).

DESPLAÇAMENTS	BCN-BCN	BCN-Externs	TOTAL
Residents a BCN	4.763.772	484.701	5.248.473
Residents resta RMB	168.283	1.271.096	1.439.379
TOTAL	4.932.055	1.755.797	6.687.852

Taula 6.3. Desplaçaments en dia feiner a Barcelona durant el 2013.
Font: Ajuntament de Barcelona, 2014.

El repartiment modal varia segons el desplaçament a realitzar. En la taula 6.4 s'observa que per desplaçament amb origen i destí Barcelona el transport no motoritzat és el que juga un paper més important, deixant com a últim recurs el transport privat. En canvi, en desplaçaments Barcelona-resta de la Regió Metropolitana de Barcelona l'ús del transport públic i el transport privat és molt més elevat.

REPARTIMENT MODAL	BCN-BCN	BCN-Externs	TOTAL
No motoritzat	2.829.621 (57,4%)	68.382 (3,9%)	2.898.003 (43,3%)
Transport Públic	1.360.781 (27,6%)	945.626 (53,9%)	2.306.407 (34,5%)
Transport Privat	741.652 (15,0%)	741.789 (42,2%)	1.483.442 (22,2%)
TOTAL	4.932.055	1.755.797	6.687.852

Taula 6.4. Distribució modal dels desplaçaments en dia feiner.
Font: Ajuntament de Barcelona , 2014.

No obstant, es comprova que el 22,2 % dels desplaçaments en un dia feiner es realitzen amb transport privat (cotxe, moto o furgoneta/camió) és a dir, amb un vehicle potencialment contaminant. D'aquests tres mitjans de transport privat el més utilitzat és el cotxe, tant en desplaçaments interns com de connexió (taula 6.5).

TRANSPORT PRIVAT	BCN-BCN	BCN-Externs	TOTAL
Cotxe	53,9%	84,1%	69,0%
Moto	45,3%	14,3%	29,8%

Furgoneta/camió	0,8%	1,6%	1,2%

Taula 6.5. Distribució dels desplaçaments en transport privat en dia feiner.
Font: Ajuntament de Barcelona, 2014.

Per tant, al ser el cotxe el vehicle privat més usat per a realitzar els desplaçaments quotidians, el gestor de recàrrega hauria de dirigir la seva estratègia principalment a donar servei als turismes i de forma complementària pensar en els altres tipus de vehicles.

Indicadors de trànsit

Barcelona té unes vies principals de circulació on la intensitat de trànsit és major que en altres vies. Aquestes vies, tal i com es veu en la figura 6.3 són la Ronda de Dalt, Ronda Litoral, Gran Via, Av. Diagonal i Av. Meridiana com a vies d'accés, i vies internes de Barcelona com Aribau, Balmes, Tarragona, Aragó, València, Mallorca, Marina, Ronda del Mig, Numància, Entença, Comte Urgell.

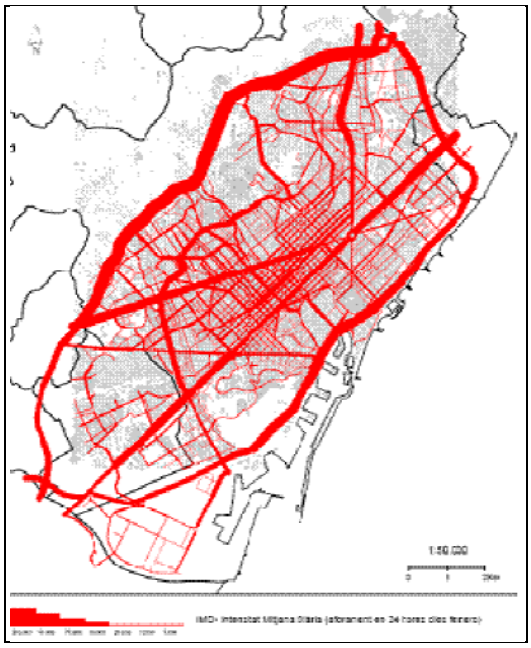


Figura 6.3. Plànol de volums de trànsit al viari de Barcelona (2013).
Font: Ajuntament de Barcelona et al., 2014.

Per tant, serà en aquestes vies on passa el major número de vehicles i és el lloc idoni per col·locar infraestructura de càrrega ràpida ja que són les vies de pas de la major part dels vehicles.

La velocitat mitja de circulació a la ciutat és al voltant dels 21km/h. A les vies de connexió externa la velocitat mitja és de 23,5 km/h i com a vies més ràpides a Barcelona es situen les Rondes amb una velocitat mitja de 59,9 km/h. Veient aquests valors, es pot concloure que dins de la ciutat la velocitat màxima d'un vehicle no és el més important,

6.2.3.Estat actual Mobilitat elèctrica a Barcelona

Estratègia de Catalunya

La mobilitat elèctrica engloba tota la cadena de valor, des de la fabricació de vehicles, la infraestructura i la xarxa de recàrrega necessària i les polítiques de mobilitat adequades. És per això, que la mobilitat elèctrica es veu com una peça essencial dins d'un nou model energètic.

L'estratègia de Catalunya per promoure la mobilitat elèctrica està orientada a aconseguir els següents aspectes:

- Increment de vendes de vehicles elèctrics.
- Desenvolupar una xarxa de punts de recàrrega adient per la ciutadania a través del desplegament d'infraestructura pública i privada de recàrrega.
- Adaptar la legislació a l'estat actual per eliminar possibles barreres regulatòries pel desenvolupament del vehicle elèctric i garantir la seva seguretat i respecte al medi ambient.
- Assegurar una introducció del vehicle elèctric que maximitzi els beneficis que comporta des del punt de vista energètic, mediambiental i econòmic.
- Consolidar una base productiva sòlida i competitiva amb capacitat de lideratge en el mercat i que inverteixi en R+D+i en el marc de l'Estratègia Catalana d'Automoció.

Les actuacions a realitzar per aconseguir aquests objectius s'han estructurat en quatre eixos segons les àrees d'interès: infraestructura i xarxes; indústria, tecnologia i formació; promoció de la demanda i mobilitat sostenible. S'han desenvolupat un total de 26 mesures, però les més destacables són les següents:

- Incentius econòmics a la compra de vehicles elèctrics i als punts de recàrrega tant públics com privats.
- Impuls de projectes pilot, de caràcter tecnològic, demostratius i pedagògic.
- Avantatges en l'àmbit de mobilitat pels usuaris de vehicle elèctric.
- Actuacions de difusió vers la ciutadania.
- Compra pública a la Generalitat i la seva promoció en la resta d'administracions.
- Acords amb els principals operadors de pàrquings i de flotes, per introduir els vehicles elèctrics en les flotes on es valoraran aspectes tecnològics, de mobilitat, medi ambientals, de sensibilització i econòmics.
- Actuacions de millora de la xarxa de distribució.
- Impuls a R+D en tecnologies relacionades amb el vehicle elèctric i suport als clústers relacionats amb el mateix.
- Enfortiment de les debilitats de la cadena de valor del vehicle elèctric i reforçament competitiu de la indústria de l'automoció vers l'arribada del vehicle elèctric.

Estratègia municipal

Des de l'Ajuntament de Barcelona juntament al projecte MOVELE (Infraestructuras e impulso a la movilidad eléctrica) s'ha creat la Plataforma LIVE (Logística per a la Implementació del Vehicle Elèctric) amb l'objectiu de donar suport i impuls als desenvolupament de la mobilitat elèctrica de la ciutat i l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

El projecte Movele forma part de l'Estratègia Integral d'Impuls del Vehicle Elèctric a Espanya 2010-2014. L'objectiu principal és incentivar la introducció del vehicle elèctric aplicant una sèrie de mesures com:

- Foment de la demanda.
    - Ajudes directes a la compra de vehicles, tant de turismes com autobusos i furgonetes
    - Programa d'avantatges urbans pels usuaris de vehicles elèctrics.
- Foment de la infraestructura de recàrrega i gestió de la demanda.
    - Regulació de la figura del gestor de recàrrega per tal d'impulsar la instal·lació de punts de recàrrega en espais públics i privats.
    - Introducció d'una nova tarifa d'accés "supervalle" lligada a ofertes d'energia amb discriminació horària amb la finalitat d'incentivar la recàrrega nocturna.
- Industrialització i I+D+i.
    - Creació de programes de desenvolupament de la tecnologia i industrialització de vehicles elèctrics.
- Programes transversals.
    - Accions de comunicació i marketing estratègic.
    - Accions de conscienciació i formació professional específica i especialitzada.
    - Aspectes regulatoris i normatius.

La Plataforma LIVE és una plataforma público-privada de coordinació entre diverses institucions i àrees de treball relacionades amb la mobilitat elèctrica. L'objectiu principal de la Plataforma LIVE és definir com Barcelona i la seva Àrea Metropolitana poden posicionar-se com a centre d'excel·lència en la promoció i implantació de la mobilitat elèctrica a Barcelona curt/mig termini. Per tal d'aconseguir aquest objectiu global es creen una sèrie d'accions a seguir:

- Promoció de projectes en mobilitat elèctrica.
- Suport en la definició i coordinació i en el desenvolupament del Pla Estratègic (Projecte Movele) per al desplegament del Vehicle Elèctric.
- Recolzament a la creació de consorcis locals, en projectes estatals i europeus per a la transferència tecnològica i de coneixement.
- Organització d'esdeveniments d'impuls de la mobilitat elèctrica a Barcelona.
- Impuls del desplegament de xarxes de recàrrega i flotes públiques/privades.
- Comunicació i sensibilització tant a la ciutadania com al sector privat relacionat.
- Centre d'atenció per als ciutadans i les empreses (node de comunicació).
- Facilitar la transformació econòmica i industrial.

L'estratègia a mig termini per la qual aposta l'Ajuntament de Barcelona és principalment la recàrrega lenta vinculada amb el suport de càrrega d'oportunitat per aquelles situacions que els usuaris de vehicle elèctric necessitin realitzar una càrrega extra al vehicle. És a dir, la majoria dels usuaris recarregaran els seus vehicles en pàrking propis fora de calçada i de nit., ja que un dels objectius de mobilitat de la ciutat és reduir el número de places d'aparcament en calçada. Per a dur a terme aquesta estratègia, tal i com s'ha vist anteriorment, Barcelona té una bona dotació de pàrking subterranis, i es proposa preparar-se per assumir el compromís de garantir al ciutadà els tràmits i facilitats er disposar d'un de càrrega a menys de 5 minuts de les seves vivendes. I el servei de recàrrega d'emergència es preveu realitzar-lo en pàrkings públics i principalment fora de calçada (pàrkings subterranis), encara que també es preveuen instal·lar punts de recàrrega "d'últim recurs" en calçada (López, 2009).

Projectes en desenvolupament

Actualment des de l'Ajuntament de Barcelona juntament amb empreses privades estan desenvolupant un seguit de projectes tal com:

- Projecte Motit: consisteix en la promoció de compartir motos elèctriques, ofereixen un servei que permet la mobilitat des de i cap a qualsevol lloc i en qualsevol moment.. D'aquesta manera es redueix el gran del número de vehicles privats a la ciutat, reducció de la contaminació atmosfèrica i augment de les places d'aparcament.
- Impuls de l'ús de les bicicletes elèctriques a Barcelona, per a tenir una mobilitat amb zero emissions.
- Proves amb un autobús 100% elèctric des del setembre de 2013 per avaluar els costos de manteniment i estalvi energètic.
- Programa de promoció d'eTaxi: s'instal·laran 7 punts de recàrrega mode 3 en diverses parades de taxi amb possibilitat de sistema de reseva que permetin carregar a 7 kW.
- Programa de promoció eDUM: s'instal·laran 9 punts de recàrrega mode 3 en places de càrrega-descàrrega amb possibilitat de reserva que permetin carregar a 7 kW.
- Instal·lació de 16 punts de recàrrega ràpida trio per l'any 2015. Aquest tipus d'infraestructura de recàrrega és compatible amb tots els tipus d'endolls que incorporen els diferents models de vehicles elèctrics.
- Instal·lació de 250 punts de recàrrega mode 3 col·locats en aparcaments subterranis BSM repartits per tota la ciutat.

En la línia de promoure l'ús del vehicle elèctric, l'Ajuntament de Barcelona ofereix diversos incentius als usuaris i empreses privades:

- Subvencions d'un 15% del cost per a l'adquisició de vehicles elèctrics (màxim de 7.000€ per turismes i 750 € per motos).
- Subvencions d'un 30% per a la instal·lació de punts de càrrega públics.
- Ajuts per a la renovació de parcs de vehicles industrials.
- Ajuts i col·laboracions per a la implantació pilot de plans de mobilitat elèctrica municipals, tant per fabricants d'automòbil, empreses energètiques, operadors de mobilitat, etc.
- Beneficis fiscals: fins a un 75% a l'impost de matriculació.
- Estacionament gratuït a qualsevol zona regulada de la ciutat (Àrea Verda i Àrea Blava), segons els criteris de regulació establerts, per a persones residents a Barcelona amb vehicle elèctric pur i pagament de l'ITVM a la ciutat.
- Nous aparcaments públics amb un 2% de places reservades per a vehicles elèctrics i instal·lacions preparades per a la futura inclusió de punts a la resta de places.
- Promoció de recàrrega gratuïta (limitada, fins aconseguir un cert volum del parc de vehicles elèctrics).
- Reduccions en els peatges.
- Preferències d'accés a zones de baixes emissions acústiques o l'ús del carril bus – VAO.
- Descomptes en els aparcaments d'enllaç a FGC i RENFE.

Parc automobilístic elèctric a Barcelona.

AUTOBUSOS:Barcelona compta amb 300 vehicles híbrids i 1 autobús totalment elèctric en proves.

TAXIS: un 16% dels 10.500 taxis que circules per Barcelona són híbrids i a partir de juny de 2014 s'incorporaran els primers taxis totalment elèctrics fabricats a Barcelona a la planta que Nissan té a la zona Franca.

FLOTA PÚBLICA: segons les dades obtingudes del document "Dades bàsiques de mobilitat 2013" es realitza la taula 6.6 amb les xifres de vehicles elèctrics a l'any 2013.

FLOTA PÚBLICA	2013
Motos elèctriques	26
Escombradora/Fregadora	2
Turismes	14
Furgoneta Gran	38
Furgoneta Mitjana	31
Furgoneta Petita	197
TOTAL	308
Vehicles híbrids	38

Taula 6.6. Flota pública de vehicles elèctrics a Barcelona 2013.
Font: Ajuntament de Barcelona, 2014.

VEHICLES PRIVATS: no es té el número exacte dels vehicles elèctrics privats que hi ha a la ciutat de Barcelona. Però en la "Memòria Anual 2012" de la Plataforma LIVE aquest número s'estima a partir del número de targetes per a usuaris de vehicles elèctrics entregades en 2012. La taula 6.7 ofereix un número aproximat de la flota de vehicles elèctrics privada.

FLOTA PRIVADA	2012
Motos	122
Turismes	159
Camions	17
Ciclomotors	37
TOTAL	335

Taula 6.7. Flota privada de vehicles elèctrics a Barcelona 2012.
Font: Plataforma Live, 2013.

Infraestructura de recàrrega a Barcelona

Barcelona compta amb una xarxa de 263 punts de recàrrega públics repartits en superfície (132) i en pàrkings subterranis (131) (*Ajuntament de Barcelona, 2014*).

- 261 de recàrrega lenta (schuko).
- 1 de recàrrega semi-ràpida (1 schuko+Mennekes).
- 1 de recàrrega ràpida trio (1Mennekes,+1CCS Combo+1ChadeMO). Aquest està instal·lat a la benzinera del Parc de Mar de la Ronda Litoral.

Durant l'any 2014 s'està realitzant la construcció de 10 punts de recàrrega ràpida Trio repartits per la ciutat de Barcelona.

El sector privat, és a dir, centres comercials i hotels, ha doblat el nombre de punts de recàrrega públics, ampliant així l'oferta que hi ha per tots els usuaris de vehicles elèctrics. No s'ha trobat informació sobre el número de punts de recàrrega vinculats col·locats en garatges privats.

La figura 6.4 mostra la situació dels punts de recàrrega a la ciutat de Barcelona.

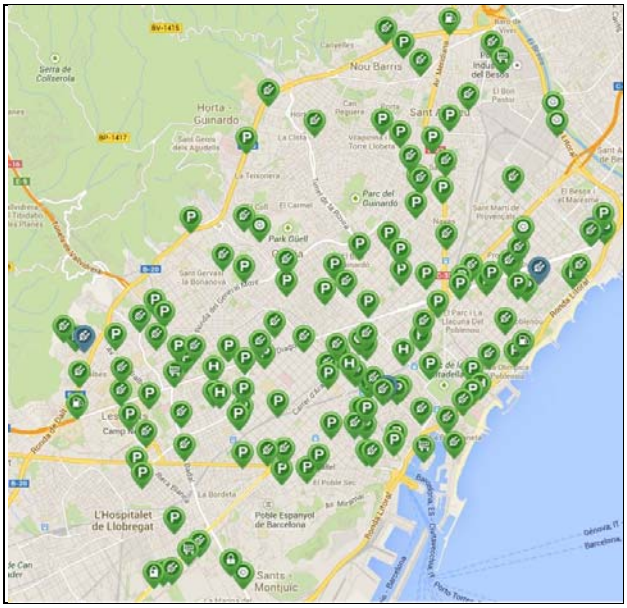


Figura 6.4. Plànols de situació de punts de recàrrega a Barcelona.
Font: Electromaps, 2014.

6.3 APLICACIÓ DE LA EINA INFORMÀTICA AL CAS DE BARCELONA

6.3.1. Introducció

En aquest apartat s'analitzaran diferents estratègies d'implantació de la infraestructura de mobilitat elèctrica des del punt de vista del gestor de recàrrega. Amb les dades del punt 6.2 el gestor de recàrrega té les bases per poder definir la seva estratègia, coneix quin és l'estat actual de la mobilitat elèctrica a Barcelona i quina és l'estratègia de l'Ajuntament de la ciutat per a implantar el vehicle elèctric. Per tant, amb aquests coneixements el gestor pot decidir actuar seguint l'estratègia ja definida o pot escollir una estratègia totalment diferent a aquesta. Seguint aquesta idea es crea aquest apartat on s'inclou la definició de l'estratègia i les conclusions obtingudes, el desenvolupament de la eina informàtica per a cada cas s'adjunta en l'annex 4 del present document.

6.3.2 Definició de paràmetres

Per tal de poder comparar les diferents estratègies i poder extreure conclusions, es determinen una sèrie de paràmetres per definir el negoci igual per a totes les estratègies:

Definició de l'escenari de venda i creixement de vehicles elèctrics

- Parc automobilístic de l'àrea d'estudi (ciutat de Barcelona): 572.998 unitats.
- Any inici estudi: 2016. Es considera que en aquest any hi haurà 229 vehicles elèctrics a la ciutat de Barcelona (0,04% del parc automobilístic total).
- Es fixa la hipòtesi de venda de vehicles elèctrics realista 2 per a totes les estratègies a analitzar. Aquesta determina que a l'any 2030 (any finalització estudi) el parc automobilístic elèctric sigui el 10% del parc automobilístic total. S'ha escollit aquesta hipòtesi perquè la optimista (50% parc automobilístic) i realista 1 (20% parc automobilístic) es creuen massa optimistes tal i com actualment està el mercat, i entre

l'escollida i la pessimista solament hi ha un 5% de diferència, que no afecta gaire a les dades finals.

- Es fixa una mitja de 12.000 quilòmetres recorreguts cada any per tots els vehicles elèctrics de l'estudi (al voltant de 50 km/dia laborable).
- Consum mig dels vehicles serà de 0,18 kwh/km.

Definició de paràmetres fixes de costos

- Cost de gestió usuari:
  - Cost fix: 100.000 €/any.
  - Cost indirecte: 10€/VE.
- Cost anual manteniment de la infraestructura:
  - Cost manteniment punts de recàrrega vinculats: 1% cost infraestructura.
  - Cost manteniment punts de recàrrega vinculats de reforç: 1% cost infraestructura.
  - Cost manteniment punts de recàrrega públics: 10% cost infraestructura.
  - Cost manteniment punts de recàrrega ràpida: 10% cost infraestructura.
- Cost de consum d'energia
  - Cost del quilovat-hora (kwh) diürn: 0,109 €/kwh.
  - Cost del quilovat-hora (kwh) nocturn: 0,05 €/kwh.
  - Cost del quilovat-hora (kwh) càrrega ràpida: 0,1498 €/kwh.
  - Terme de potència per endoll: 35,65 €/km-any-endoll.
  - Terme de potència per endoll electrolinera: 379,30€/km-any-endoll.
  - Potència contractada per punts de recàrrega vinculats: 3,70 kw/endoll.
  - Potència contractada per punts de recàrrega públics: 7,40 kw/endoll.
  - Potència contractada per punts de recàrrega ràpida: 50,0 kw/endoll.
- Cost amortització
  - % inversió a amortitzar: 70% del cost de la infraestructura.
  - Vida útil: 10 anys.
- Cost financer
  - Interessos préstec: 4%

Definició de les estratègies

- Es realitzarà l'estudi per a un creixement de vehicles elèctrics lent i ràpid. D'aquesta manera es pot comparar dos tipus de creixement totalment oposats per a una mateixa hipòtesi de venda.
  Es recorda que un creixement lent es defineix des d'un punt de vista més conservador, fent ús d'una corba còncava, de tal manera que els primers anys el número de vehicles elèctrics o creix lentament, mentre que els últims anys ho fa d'una manera més ràpida. La hipòtesi de creixement ràpid fa ús d'una corba convexa, de tal manera que els primers anys el número de vehicles elèctrics creix ràpidament fent que els últims anys del període d'estudi aquests tinguin un creixement més suau.
- L'usuari de vehicle elèctric necessita apreciar un estalvi significatiu en quant al cost per quilòmetre en comparació amb el vehicle de combustió interna, ja que tal i com s'ha vist en el capítol 3 del present document, actualment el vehicle elèctric ofereix menys prestacions que el vehicle de combustió, i per tant, l'usuari ha de veure un benefici

econòmic a part de l'ambiental per poder realitzar el pas a fer la compra de vehicle elèctric.

Es calcula el cost del quilòmetre en un vehicle de combustió interna suposant que aquest consumeix 6,8 litres al 100 km (*autopista, 2009*), ja que principalment circularà per la ciutat de Barcelona, i el preu mig de benzina se suposa de 1,4€/litre (*dieselogasolina, 2014*). Per tant, amb aquestes dades, el cost del km en un vehicle de combustió interna és el següent:

1,4€/l x 6,8 l/100km = 0,095 €/km

Es considera que el cost màxim del quilòmetre recorregut en vehicle elèctric per ser competitiu ha de ser la meitat del cost calculat per vehicles de combustió interna. Així doncs, el cost màxim serà de 0,0475 €/km. Però, cal comentar que la tarifa per a l'usuari no pot ser la mateixa per a cada estratègia, ja que, tal i com s'ha comentat en el capítol 4, cada estratègia ofereix diferents prestacions, per tant, és necessari realitzar la comparació de les estratègies tenint en compte aquest concepte.

- Per una altra banda, durant els primers anys del negoci els costos seran majors que els ingressos, és per això que es limita a 10 anys el temps per començar a tenir beneficis en el negoci.
- El grau d'utilització ha de ser com a màxim 42,19%, tal i com s'ha determinat en el capítol 5 del present document. El mínim es limitarà en funció del negoci, per tant no hi ha un mínim establert, és el propi negoci qui ho limita.

6.3.3. Estratègia 1: implantació d'infraestructura 100% càrrega lenta

Aquesta estratègia es basa en la implantació d'infraestructura de càrrega lenta sense cap altre tipus d'infraestructura. Es fixa 1 punt de recàrrega vinculada per vehicle elèctric. El negoci del gestor de recàrrega es basa en la instal·lació, servei i manteniment de punts de recàrrega lenta tant en aparcaments públics i privats. Encara que aquesta estratègia és l'òptima des del punt de vista energètic, ja que com s'ha vist en el capítol 3 és la que més beneficia a l'eficiència energètica, no ho és des del punt de vista social, ja que l'usuari no té l'oportunitat de fer una càrrega extra en punts de recàrrega públics i per tant, l'ansietat produïda per la poca autonomia dels vehicles farà que el mercat de vehicles elèctrics no creixi de forma ràpida.

Cas 1 a: Creixement lent del número de vehicles

Es fixa un creixement lent del número de vehicles, és a dir els primers anys hi ha un increment lent de vehicles elèctrics mentre que els últims anys ho fa de manera més ràpida. Des del punt de vista econòmic del negoci, amb aquesta estratègia i fixant el cost mig del quilòmetre a 0,047€/km (0,261 €/kWh), és a dir el màxim, el negoci comença a tenir beneficis als 8 anys des de la seva implantació. Però, aquesta estratègia no ofereix prestacions altes a l'usuari, ja que aquest necessita molt de temps per carregar el seu vehicle i el número d'infraestructures al seu servei no és elevat, per tant, el cost mig per quilòmetre ha de ser inferior al màxim establert, s'ha determinat un cost mig per quilòmetre recorregut de 0,035€/km (0,195 €/kWh) és a dir, un 25% menys del màxim establert, i amb aquesta nova tarifa el negoci inicia els seus beneficis al voltant dels 14 anys (veure figura 6.5, hipòtesi 1 representa la tarifa de 0,035€/km i la hipòtesi 2 representa la tarifa de 0,047€/km).

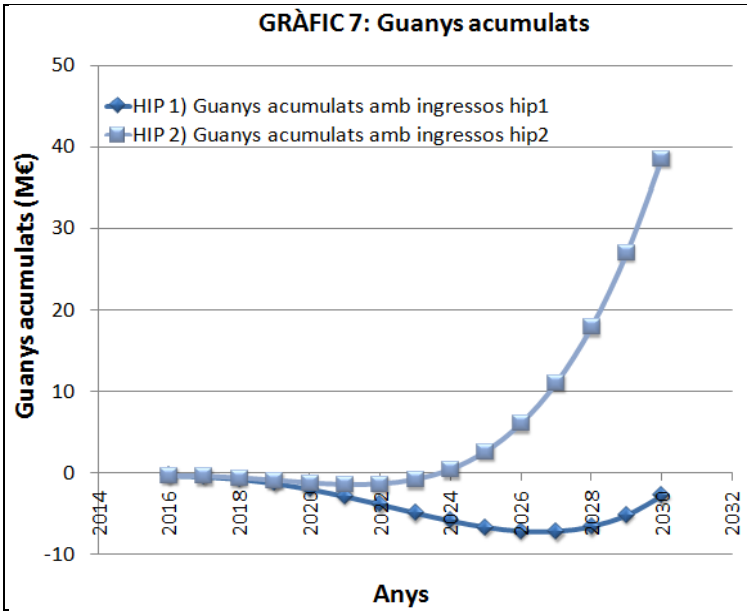


Figura 6.5. Gràfic de guanys acumulats de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia

Cas 1 b: Creixement ràpid del número de vehicles

Suposant la hipòtesi de venda de vehicles elèctric realista 2 (10% del parc automobilístic elèctric al 2030) i un creixement ràpid de venda de vehicles elèctrics, és a dir, a l'inici del període d'estudi augmenta molt el número de vehicles i després s'estabilitza el creixement. Si es fixa un preu mig de 0,047€/km (0,261 €/kWh) com a cost final de quilòmetre per l'usuari s'obté com a resultat que el negoci comença a tenir beneficis als 4 anys de l'inici del negoci. Però amb el cost de 0,035€/km (0,195 €/kWh) l'inici de beneficis començaria als 7 anys d'arrencada del negoci (veure figura 6.5, hipòtesi 1 representa la tarifa de 0,035€/km i la hipòtesi 2 representa la tarifa de 0,047€/km).

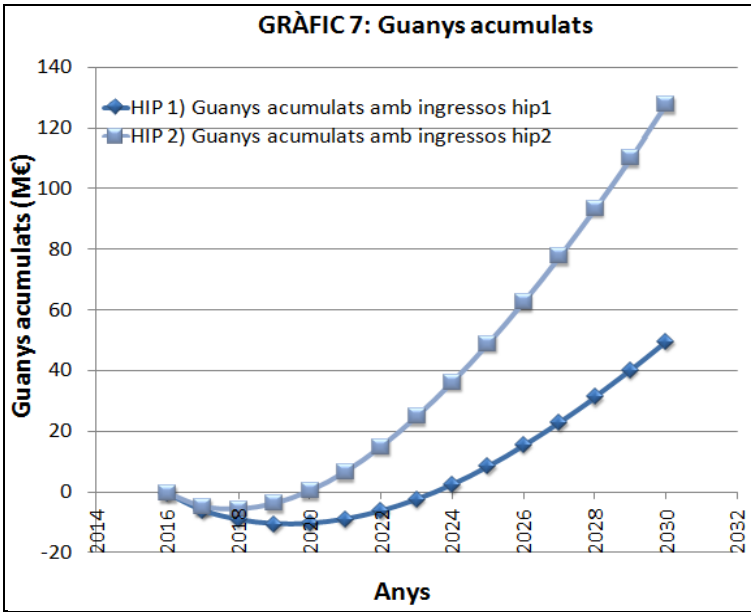


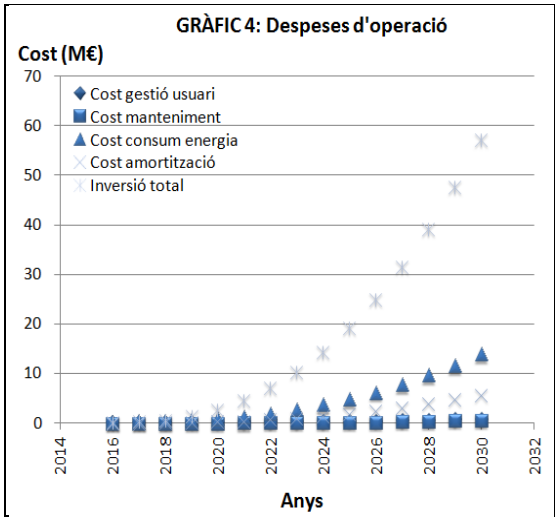
Figura 6.6. Gràfic de guanys acumulats de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia

Anàlisi cas 1 a i 1 b

Es comprova que si el creixement de venda de vehicles elèctrics és ràpid, el model de negoci obté més ràpidament beneficis.

Tant en creixement lent com en creixement ràpid de la venda de vehicles elèctrics el grau d'utilització mig és de 31,7%. Aquest valor és bastant inferior al màxim establert en el capítol 5, però en aquest cas no és possible la reducció de la infraestructura ja que s'ha realitzat l'estudi fixant 1 punt de recàrrega vinculat per vehicle elèctric i aquest és el mínim que hauria d'existir. Que aquest número sigui baix és degut a que la potència instal·lada per donar servei és major a la potència demandada per a carregar les bateries, ja que no és necessari carregar la bateria al 100% cada dia, perquè s'ha fixat el recorregut mig en 12.000 km (al voltant de 50 km/dia laborable) i per tant la bateria no es consumeix totalment cada dia.

La figura 6.7 mostra els costos que té el gestor de recàrrega. Es comprova que la despesa més alta en ambdós casos és la inversió de la infraestructura, seguit del consum d'energia, el cost d'amortització i per últim el cost de manteniment i el cost de gestió d'usuari. Per a una reducció de la tarifa de preu del quilòmetre o una millora en els beneficis del negoci, amb aquesta estratègia d'implantació d'infraestructura, el gestor de recàrrega s'ha de centrar sobretot en reduir els costos d'inversió d'infraestructura ja que és el que té més pes en el conjunt dels costos.



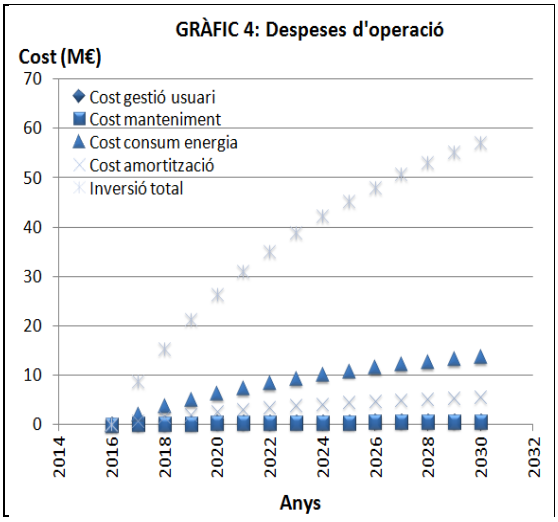


Figura 6.7. Gràfics de despeses d'operació per cas 1 a (esquerra) i cas 1 b (dreta) de la eina informàtica. Font: Elaboració pròpia.

6.3.4. Estratègia 2: implantació d'infraestructura 100% càrrega ràpida

Aquesta estratègia es basa en la implantació d'infraestructura de càrrega ràpida, és a dir implantació d'electrolineres distribuïdes per la ciutat. Tal i com s'ha comentat en el capítol 3 del present document, aquesta no és l'estratègia més adequada des del punt de vista energètic, ja que principalment els usuaris carregaran les seves bateries en horari diürn i això té un impacte negatiu en l'eficiència energètica.

Des del punt de vista social, aquesta és una estratègia còmode i segura, ja que és la més semblant al sistema actual de benzineres i no pateixen per quedar-se sense bateria perquè saben que en 30 minuts podran tenir la seva bateria carregada al 100%. Per tant, no necessiten

realitzar un gran canvi de mentalitat i la transició a vehicle elèctric serà més senzilla. És per això que per a realitzar l'estudi econòmic d'aquesta estratègia es considera el cost de tarifa màxim, és a dir 0,047 €/km (0,26 €/kWh).

Cas 2 a: Creixement lent del número de vehicles

Es considera la hipòtesi de venda de vehicles elèctric realista 2 (10% del parc automobilístic elèctric al 2030) i un creixement lent del número de vehicles. Es determina que el primer any del negoci ja hi hauran instal·lats 6 punts de recàrrega distribuïts en 2 estacions de serveis per poder començar a donar servei als primers clients, i després es preveu un creixement lent de la infraestructura amb una proporció de 36 vehicles elèctrics per punt de recàrrega, ja que es considera que cada usuari triga 40 minuts en realitzar tota l'operació de càrrega, és a dir, estacionament, col·locació de mànega, etc. i 3 punts de recàrrega per electrolinera.

Des del punt de vista econòmic del negoci, amb aquesta estratègia i amb un cost de 0,047€/km (0,26 €/kWh), es comprova que amb aquesta estratègia no hi ha guanys, la corba de guanys acumulats és negativa. Però si s'aplica un increment del preu del cost del quilovat-hora en un 10%, és a dir, que el cost passi a ser de 0,052 €/km (0,289€/kWh) els guanys s'inicien al voltant dels 15 anys (veure figura 6.8, hipòtesi 1 representa la tarifa de 0,047€/km i la hipòtesi 2 representa la tarifa de 0,052€/km).

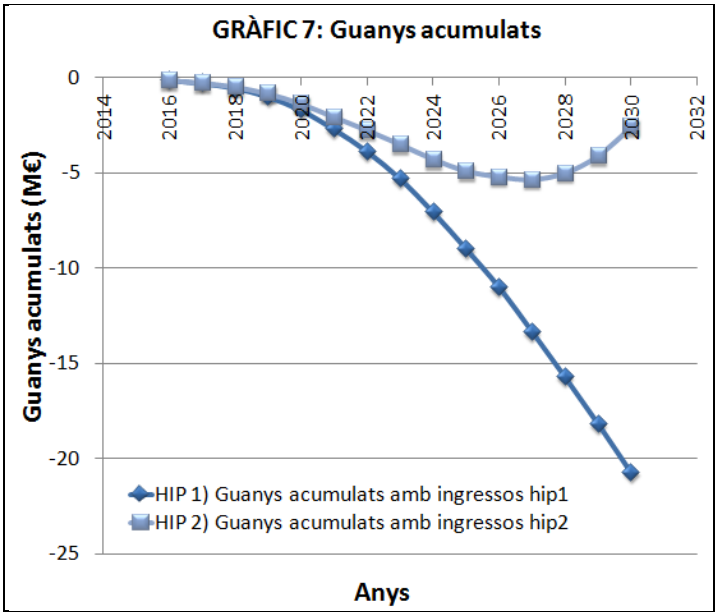


Figura 6.8. Gràfic de guanys acumulats de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Cas 2 b: Creixement ràpid del número de vehicles

En aquest cas es considera un creixement ràpid de la venda de vehicles elèctrics, per tant, durant els primers anys de la implantació del negoci el número de vehicles i d'infraestructures creixerà més ràpidament i els últims anys d'estudi el creixement és més suau. Igual que en el cas 2 a, es determina que el primer any d'estudi estiguin ja instal·lats 6 punts de recàrrega ràpida distribuïts en 2 estacions de servei.

Si es fixa el preu per km a 0,047€, es comprova que la corba té una tendència positiva a partir dels 8 anys d'inici del negoci als 15-16 anys s'inicia l'obtenció dels guanys, però amb un increment del 10% en el cost de tarifa, és a dir 0,052 €/km (0,289€/kWh) els guanys s'inicien

als 7 anys (veure figura 6.9, hipòtesi 1 representa la tarifa de 0,047€/km i la hipòtesi 2 representa la tarifa de 0,052€/km).

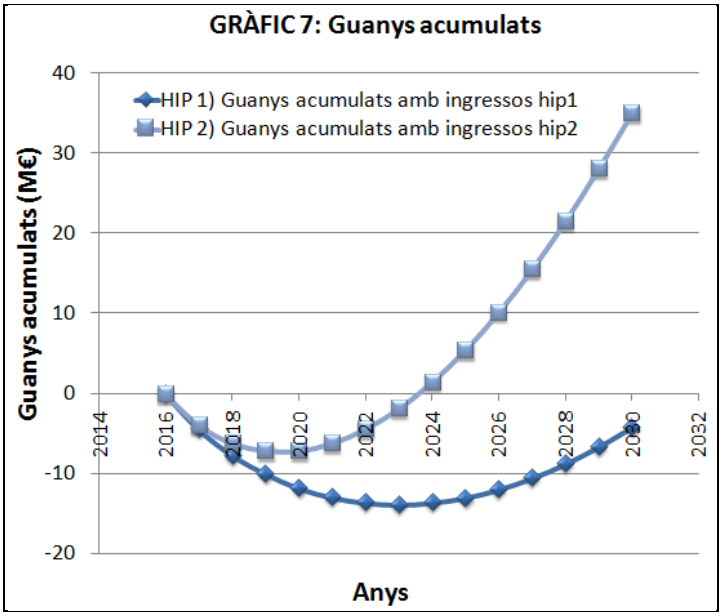


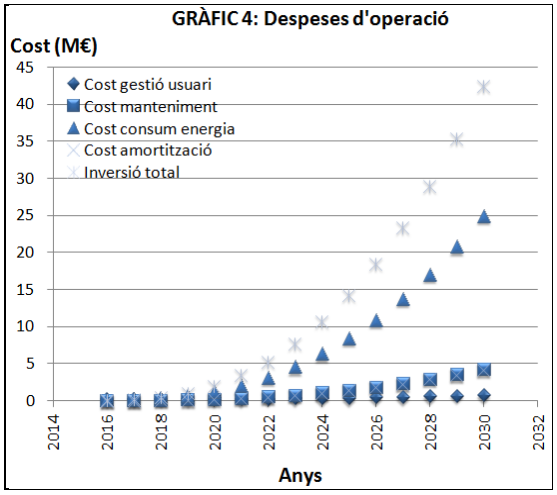
Figura 6.9. Gràfic de guanys acumulats de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Anàlisi cas 2 a i 2 b

Comparant les figures 6.8 i 6.9 s'observa que l'estratègia de càrrega ràpida necessita que el creixement del mercat de vehicles elèctrics necessita que sigui ràpid, ja que si no la corba de guanys acumulats és negativa i el negoci no té futur. Per tant, una política d'incentivació de la compra de vehicles elèctrics és l'estratègia política que necessita el gestor de recàrrega per a que el seu negoci sigui positiu.

El grau d'utilització mig en ambdós casos és del 28,2%,valor inferior al màxim determinat en el capítol 5 (42%), per tant, aquesta és infraestructura és suficient per a poder donar servei de recàrrega als usuaris de vehicles elèctrics. Si es decidís implantar més infraestructura per a donar més possibilitat de servei de recàrrega afectaria negativament a l'economia del negoci, ja que incrementarien les despeses i els ingressos per recàrrega seria el mateix, per tant, els beneficis serien menors. Cal comentar que s'ha considerat una mitja de 40 minuts per càrrega, però és cert que no tots els vehicles necessitaran una càrrega completa, per tant, aquest grau d'utilització podria ser més alt, si es considera que al dia carreguen 5 vehicles en cada punt, el grau d'utilització mig seria del 39%, valor més pròxim al límit determinat.

La figura 6.10 mostra que en ambdós casos els costos més alts, i per tant que més perjudiquen al negoci, són la inversió de la infraestructura i el consum d'energia. Per tant, serà en aquests aspectes en els quals el gestor de recàrrega ha d'intentar reduir els costos per millorar el seu negoci des del punt de vista econòmic.



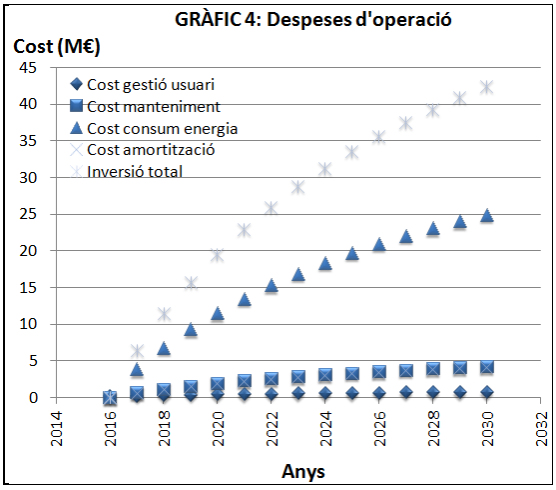


Figura 6.10. Gràfics de despeses d'operació per cas 2 a (esquerra) i cas 2 b (dreta) de la eina informàtica. Font: Elaboració pròpia.

Cal comentar que s'ha suposat que cada estació de servei té 3 punts de recàrrega, i tal i com s'ha explicat en el capítol 5 aquest cost s'ha fixat en 40.000 € el primer punt de recàrrega i 20.000 euros més per cada punt addicional, per tant, en aquest cas cada estació de recàrrega té un cost total de 80.000 €, però si una estació de recàrrega tingués més de 3 punts de recàrrega addicionals hi hauria una reducció en el cost d'inversió total de la infraestructura, però degut a la gran diferència amb els costos d'amortització, manteniment i gestió d'usuari, aquest aspecte continuaria sent més important que els altres.

Aquest tipus d'infraestructura té un cost de terme de potència i de potència contractada per endoll alts que fan que el concepte de cost d'energia sigui molt alt. Per tant, un altre punt per a poder millorar el rendiment del negoci seria reduir els costos d'aquests dos conceptes.

6.3.5. Estratègia 3: implantació d'infraestructura mixta

L'Ajuntament de Barcelona aposta per potenciar la implantació de la recàrrega vinculada, però també ofereix la possibilitat de carregar el vehicle amb infraestructura d'oportunitat tal com càrrega semi-ràpida i punts de càrrega ràpida, per tant, en aquesta estratègia el gestor aposta per l'estratègia de l'Ajuntament, és a dir aposta per una implantació mixta majoritària d'infraestructura privada. D'aquesta manera, l'usuari ha de fer un esforç per carregar els seu vehicle durant les nits amb la càrrega vinculada, però també té l'oportunitat de realitzar una recàrrega d'oportunitat perquè a la ciutat hi ha instal·lats punts de recàrrega públics. Des del punt de vista energètic, si l'usuari realment fa un ús majoritari de la càrrega vinculada, aquesta estratègia beneficia l'eficiència energètica ja que la majoria de les recàrregues es realitzaran per la nit. Des del punt de vista social, aquesta estratègia requereix un esforç per part dels usuaris en carregar per les nits i solament utilitzar la càrrega pública o càrrega ràpida en aquelles situacions extremes en les quals es necessita recarregar la bateria perquè sinó no s'arriba a destí.

Tal com s'ha comentat anteriorment, la ciutat de Barcelona ja té una xarxa d'infraestructures de recàrrega implantada. El gestor de recàrrega pot decidir fer ús d'aquesta xarxa i adoptar-la fent que formi part de la seva infraestructura o pot decidir realitzar el negoci partint de zero i sense comptar amb la xarxa ja instal·lada. En aquest cas d'estudi s'analitza l'estratègia d'implantació d'infraestructura de recàrrega sense tenir en compte la xarxa ja instal·lada.

D'aquesta manera, l'estudi se situa al costat de la seguretat ja que es parteix d'un estat totalment inicial i s'ha de comptar amb tota la infraestructura.

Es considera que l'usuari realitzarà un 90% de les seves càrregues amb infraestructura de càrrega lenta, un 5% amb infraestructura de càrrega semi-ràpida i el 5% restant amb infraestructura de càrrega ràpida, d'aquesta manera es segueix el model de mobilitat proposat per l'Ajuntament de Barcelona.

Cas 3 a: Creixement lent del número de vehicles

Suposant un creixement lent del parc de vehicles elèctrics, es crea el primer cas d'estudi de l'estratègia d'implantació d'infraestructura mixta de mobilitat elèctrica. Es determina que el primer any d'estudi la ciutat ja tindrà implantats 10 punts de recàrrega ràpida, número semblant al que tindrà la ciutat de Barcelona a l'any 2016, amb una proporció final de 1 punt de recàrrega ràpida per 700 vehicles, 1 punt de recàrrega lenta per vehicle, i 0,05 punts de recàrrega semi-ràpida per vehicle.

Amb l'estratègia definida i fixant a 0,047€ el cost mig per quilòmetre (0,26€/kWh) la corba de guanys és negativa durant el període d'estudi, però si s'augmenta aquesta tarifa un 10%, és a dir a 0,052€/km (0,289€/kWh) es comença a obtenir guanys als 15-16 anys des de l'inici del període d'estudi (veure figura 6.11, hipòtesi 1 representa la tarifa de 0,052€/km i la hipòtesi 2 representa la tarifa de 0,047€/km).

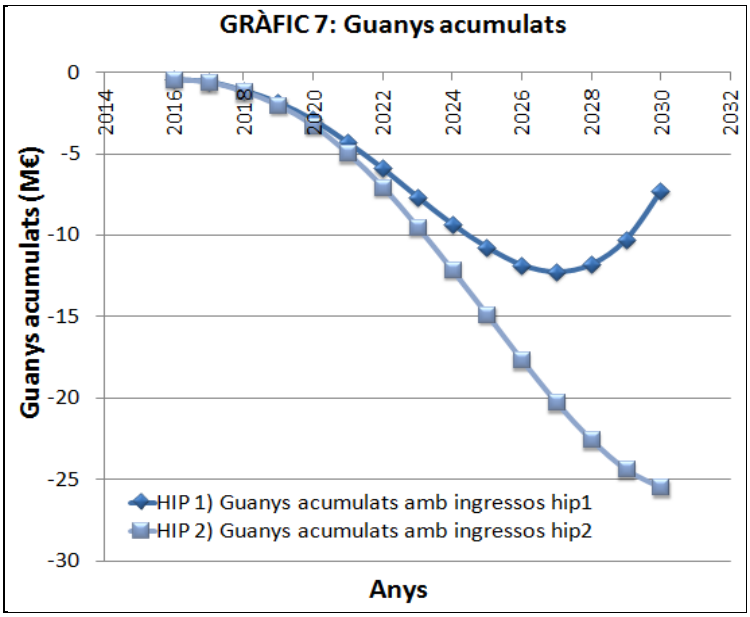


Figura 6.11. Gràfic de guanys acumulats de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia

Cas 3 b: Creixement ràpid del número de vehicles

En aquesta cas es considera un creixement ràpid de la venda de vehicles elèctrics, per tant, durant els primers anys de la implantació del negoci el número de vehicles i d'infraestructures creixerà més ràpidament i els últims anys d'estudi el creixement és més suau. Igual que en el cas 3 a, es determina que el primer any d'estudi estiguin ja instal·lats 10 punts de recàrrega ràpida.

Si es fixa el preu mig per km a 0,047€ (0,26€/kWh), es comprova que amb aquesta estratègia de creixement ràpid del número de vehicles als 10-11 anys de l'inici del negoci s'inicia l'obtenció de guanys, i amb la tarifa de 0,052€/km (0,289€/kWh) es produirà als 7-8 anys (veure figura 6.11, hipòtesi 1 representa la tarifa de 0,052€/km i la hipòtesi 2 representa la tarifa de 0,047€/km).

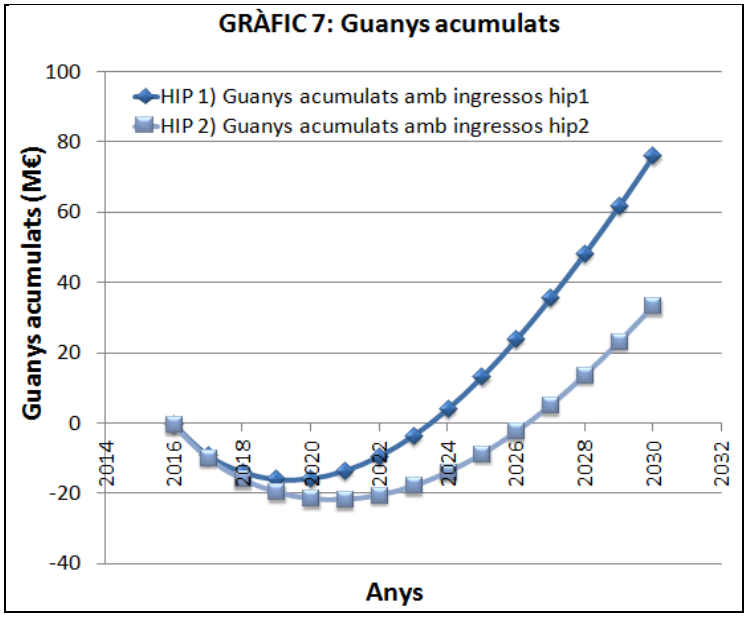


Figura 6.12. Gràfic de guanys acumulats de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Anàlisi cas 3 a i 3 b

Cal comentar que en ambdós casos, el resultat del cost del quilovat-hora és resultat de la combinació dels preus de cada quilovat-hora per tipus d'infraestructura i el seu percentatge d'utilització, aplicant un preu inferior per a càrregues amb infraestructura de càrrega lenta per així incentivar el seu ús. Per tant, per al cost mig de 0,026€/kWh es distribueix en 0,22€/kWh per càrrega lenta, 0,5 €/kWh i 0,8 €/kWh; el cost mig de 0,0289€/kWh es distribueix en 0,25€/kWh per càrrega lenta, 0,5 €/kWh i 0,8 €/kWh. Per tant, l'usuari que carregui el vehicle majoritàriament amb càrrega lenta tindrà un cost molt inferior que el que carregui la bateria del vehicle amb càrrega ràpida.

La primera conclusió que s'extreu observant els gràfics 6.11 i 6.12 és que si el creixement de venda de vehicles elèctrics és ràpid, el model de negoci obté més ràpidament beneficis. Per tant, el gestor de recàrrega necessita que la població adquireixi ràpidament vehicles elèctrics per tenir més clients des de l'inici i així tenir uns ingressos que minimitzen les pèrdues produïdes per les despeses que ha de fer.

El grau d'utilització, tal i com s'ha comentat en el capítol 5, és un paràmetre de control de que la infraestructura col·locada en un territori és la necessària i suficient per donar un servei còmode a l'usuari. Amb aquesta estratègia el grau d'utilització mig de la infraestructura instal·lada és del 27,3%, excepte el primer any que és menor ja que hi ha molta infraestructura ràpida instal·lada. Aquests valors són bastant més baixos que el límit definit en el capítol 5 (grau utilització<42%), per tant, es considera que es pot reduir el número d'infraestructures ja que hi ha molta potència instal·lada que no és utilitzada, i això fa que hi hagi unes despeses, per exemple en manteniment d'infraestructura i tarifes d'electricitat, que no serien necessàries.

La figura 6.13 mostra els costos del negoci durant el període d'estudi. S'observa que la despesa més alta en ambdós casos és la inversió de la infraestructura. Per tant, serà en aquest concepte en el qual s'ha d'intentar reduir el cost per poder millorar la tarifa de càrrega i obtenir més beneficis.

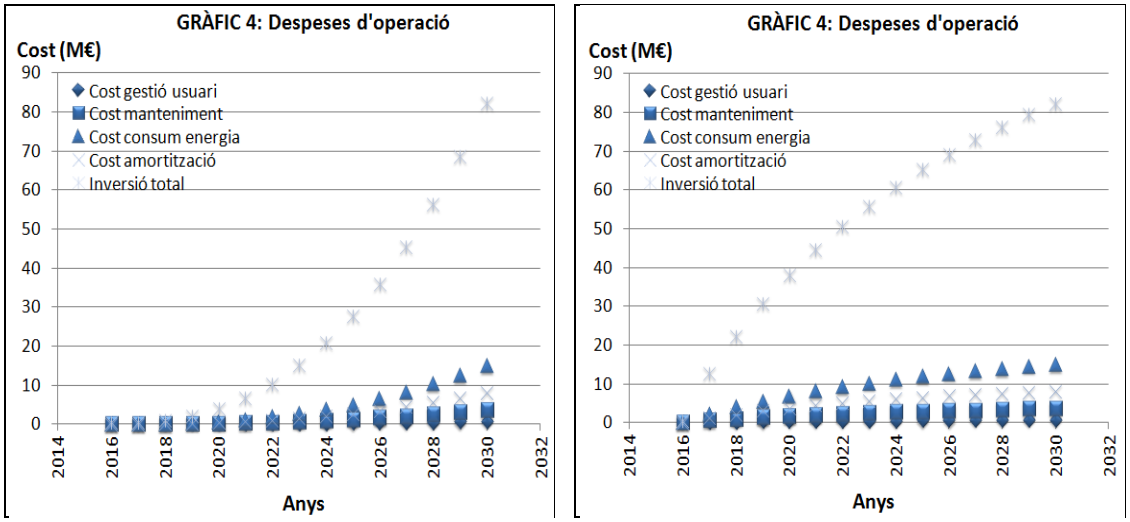


Figura 6.13. Gràfics de despeses d'operació per cas 3 a (esquerra) i cas 3 b (dreta) de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Al voltant del 75% dels costos totals són deguts a la inversió de la infraestructura, però com que en aquesta estratègia s'implanta tots el modes de recàrrega és necessari veure quin són els que més costen i menys rendiment tenen, perquè seran els que es podran prescindir. La figura 6.14 mostra els costos d'inversió en funció del tipus d'infraestructura.

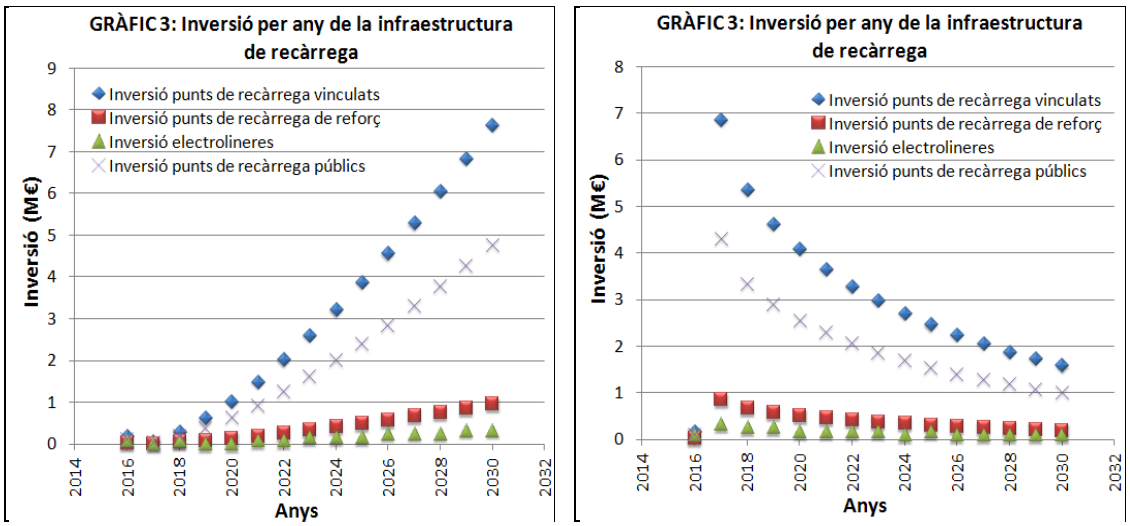


Figura 6.14. Gràfics de cost d'inversió d'infraestructures per cas 3 a (esquerra) i cas 3 b (dreta) de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Es comprova que la inversió més alta és deguda a infraestructura de càrrega lenta, al voltant del 55% del total de la inversió és per punts de recàrrega vinculats i del 7% per punts de recàrrega vinculada de reforç. Però cal comentar que el 94% de la infraestructura instal·lada és d'aquest tipus i els usuaris realitzen el 90% de les recàrregues de bateries en elles. Per tant, es conclou que aquesta és la inversió més alta perquè hi ha molts punts de recàrrega instal·lats i són necessaris, ja que són els més utilitzats.

La infraestructura de recàrrega pública (càrrega semi-ràpida) solament és el 5,5% de la totalitat de la infraestructura instal·lada i és utilitzada per realitzar el 5% de les recàrregues. Es pot observar que el cost de la inversió és al voltant del 34,7% del total del cost d'inversió. En canvi, per donar el mateix servei de recàrrega, la infraestructura de càrrega ràpida determinada és al voltant del 0,15% del total d'infraestructura i amb una inversió del 2,6%del cost total d'inversió. Tenint en compte que cada punt de recàrrega ràpida pot donar servei al dia a 48 vehicles, ja que a ple rendiment cada 30 minuts pot recarregar una bateria i té un horari de 24 hores, i un punt de recàrrega semi-ràpida pot donar servei a 6 vehicles en un dia, ja que es suposa que triga 2-3 hores en carregar al 100% la bateria i é un horari de 16 hores al dia, es conclou que la infraestructura que encareix més el negoci i té menys rendiment és la infraestructura de punts de recàrrega públics.

Des del punt de vista econòmic, per reduir el cost de la inversió total, el gestor de recàrrega s'ha de centrar en reduir el cost de la infraestructura de càrrega lenta i reduir el número de punts de recàrrega públics ja que el seu cost és elevat pel rendiment que tenen. A més, si s'observa la figura 6.15 es comprova que encara que la infraestructura de recàrrega pública suposa al voltant de 5,5% de tota la infraestructura instal·lada, és la que té un cost de manteniment superior. Per tant, des del punt de vista del gestor de recàrrega, la implantació i manteniment d'aquesta infraestructura és la que més desfavoreix el seu negoci.

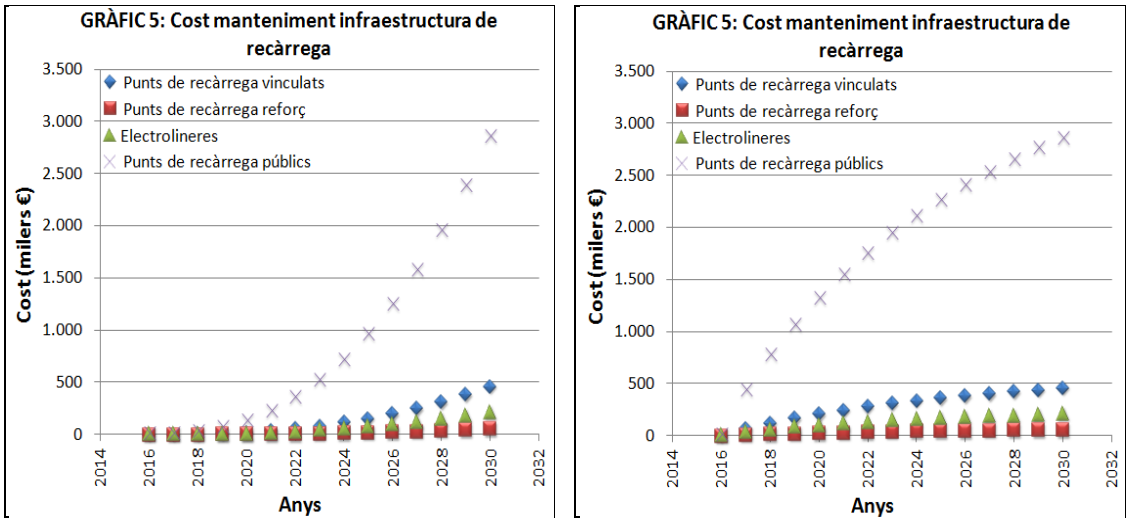


Figura 6.15. Gràfics de comparació del cost de manteniment d'infraestructures per cas 3 a (esquerra) i cas 3 b (dreta) de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Cas 3 c: Creixement lent del número de vehicles i disminució dels punts de recàrrega públics

En aquest cas es suposa el mateix cas d'estudi que el cas 3a però amb una disminució dels punts de recàrrega públics de 0,05 punts per vehicle elèctric a 0,01, ja que s'ha comprovat que és la infraestructura que més perjudica l'estratègia.

Per tant, amb aquesta estratègia definida i fixant a 0,047€ (0,26€/kWh) el cost mig per quilòmetre, el negoci comença a obtenir guanys als 11 anys des de l'inici del període d'estudi (figura 6.16 hipòtesi 1 i hipòtesi 2 són la mateixa).

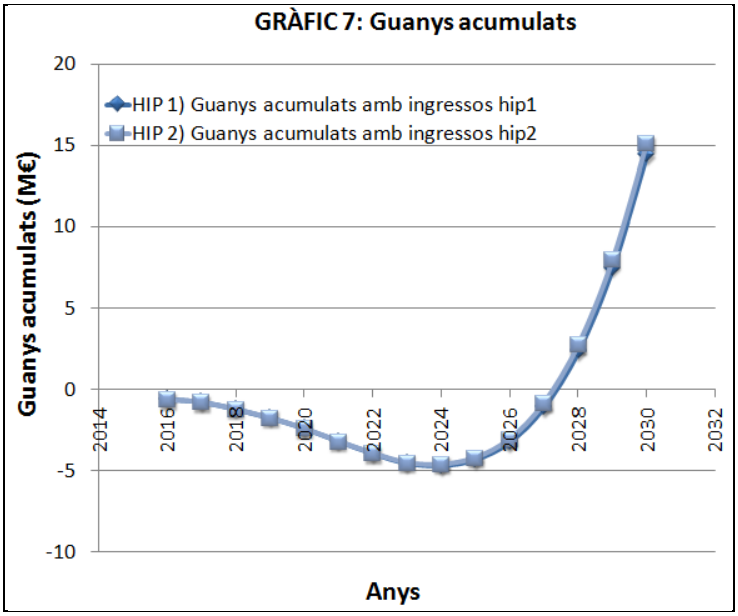


Figura 6.16. Gràfic de guanys acumulats de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia

Cas 3 d: Creixement ràpid del número de vehicles i disminució dels punts de recàrrega públics

En aquesta cas es considera el cas d'estudi 3b amb una disminució dels punts de recàrrega públics, i fixant el preu mig per quilòmetre a 0,047€ (0,26€/kWh) es comprova que als 5-6 anys de l'inici del negoci s'inicia l'obtenció de guanys (figura 6.17 hipòtesi 1 i hipòtesi 2 són la mateixa).

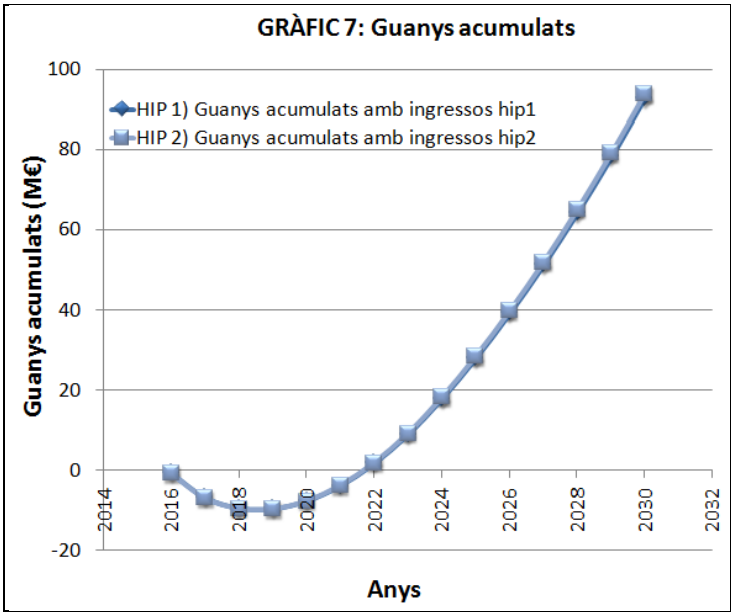


Figura 6.17. Gràfic de guanys acumulats de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Anàlisi cas 3 c i 3 d

Al disminuir el número de punts de recàrrega públics el grau d'utilització augmenta, ja que hi ha la mateixa demanda, perquè el número d'usuaris no ha disminuït però hi ha menys

infraestructura instal·lada. Amb aquesta estratègia el grau d'utilització mig de la infraestructura instal·lada és del 28,7%, solament ha augmentat un 1,4% respecte l'estratègia 3. Com que és més baix que el valor límit definit en el capítol 5 (grau utilització<42%) es considera que hi ha suficient infraestructura instal·lada per cobrir la demanda de recàrrega de bateries.

La figura 6.18 mostra els costos del negoci durant el període d'estudi, s'observa que la despesa més alta en ambdós casos també és la inversió de la infraestructura.

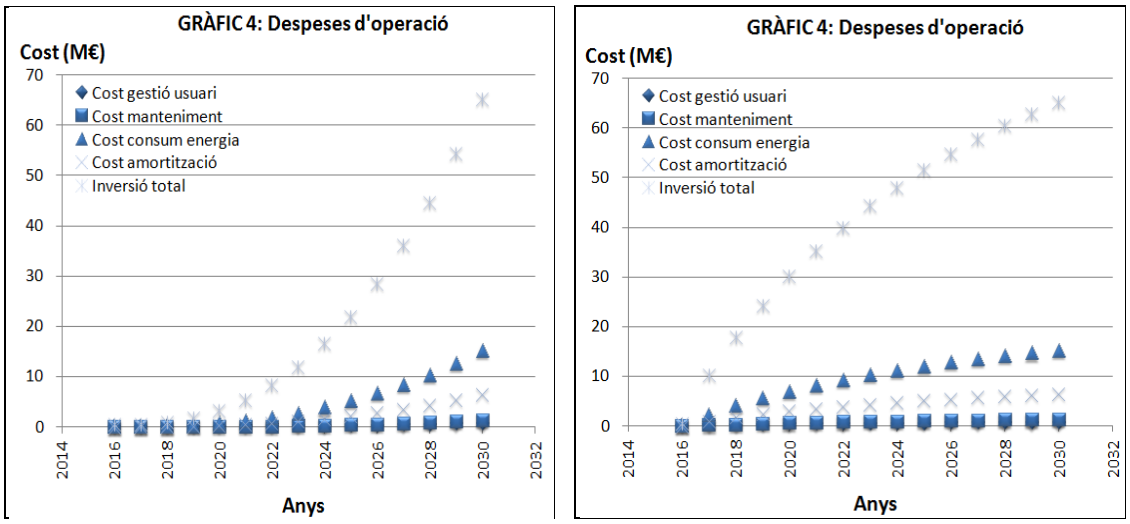


Figura 6.18. Gràfics de despeses d'operació per cas 1 a (esquerra) i cas 1 b (dreta) de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Igual que en els casos 3 a i 3 b, al ser implantació d'infraestructura mixta, és necessari saber quina és la més costosa i la que menys rendiment aporta al negoci. La figura 6.19 mostra els costos d'inversió en funció del tipus d'infraestructura.

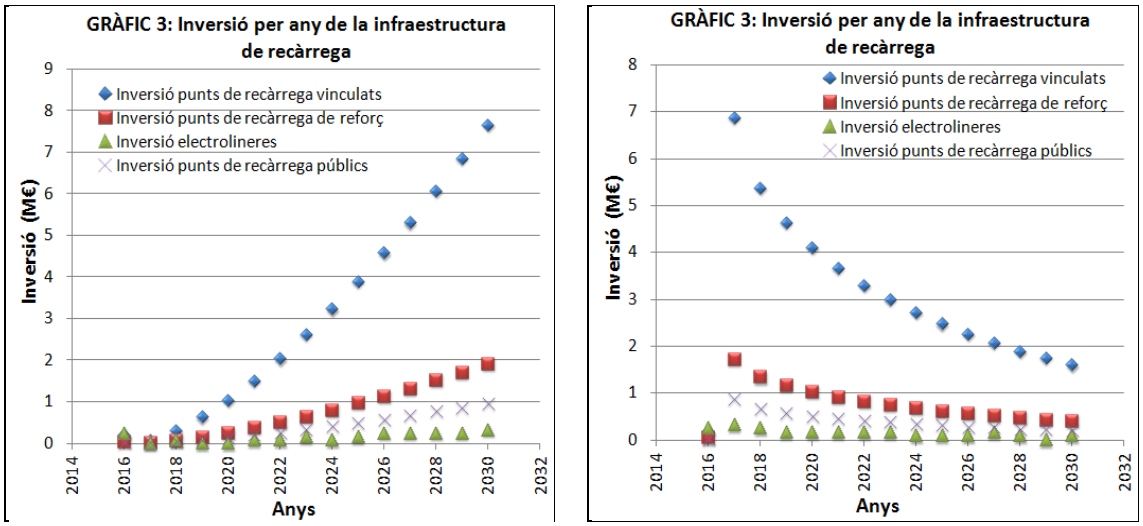


Figura 6.19. Gràfics de cost d'inversió d'infraestructures per cas 3 c (esquerra) i cas 3 d (dreta) de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

La inversió més alta, amb un 88% del total, és la inversió per infraestructura de càrrega lenta (71% infraestructura vinculada i 17% infraestructura vinculada de reforç). Però cal comentar que el 98,8% de la infraestructura total instal·lada és d'aquest tipus i els usuaris realitzen el 90% de les recàrregues de bateries en elles.

Reduint la infraestructura de recàrrega pública (càrrega semi-ràpida) al 1% de la totalitat de la infraestructura instal·lada es pot observar que el cost de la inversió és al voltant del 8,5% del total del cost d'inversió, molt inferior al 34,7% obtingut pels casos 3a i 3b. La inversió més baixa és la que es realitza per la infraestructura de càrrega ràpida, un 3,5% del cost total d'inversió.

Des del punt de vista econòmic, es comprova que reduint el número de punts de recàrrega públics millora considerablement el rendiment del negoci es vol realitzar aquest tipus d'estratègia és necessari que el gestor de recàrrega pugui o reduir el número de punts a instal·lar o reduir el cost d'inversió d'aquest tipus d'infraestructura.

Observant la figura 6.20 es comprova que, encara amb la reducció del número d'infraestructures públiques, el cost de manteniment d'aquestes és superior als altres, per tant, es reafirma que aquesta infraestructura és la que més desfavoreix el negoci del gestor.

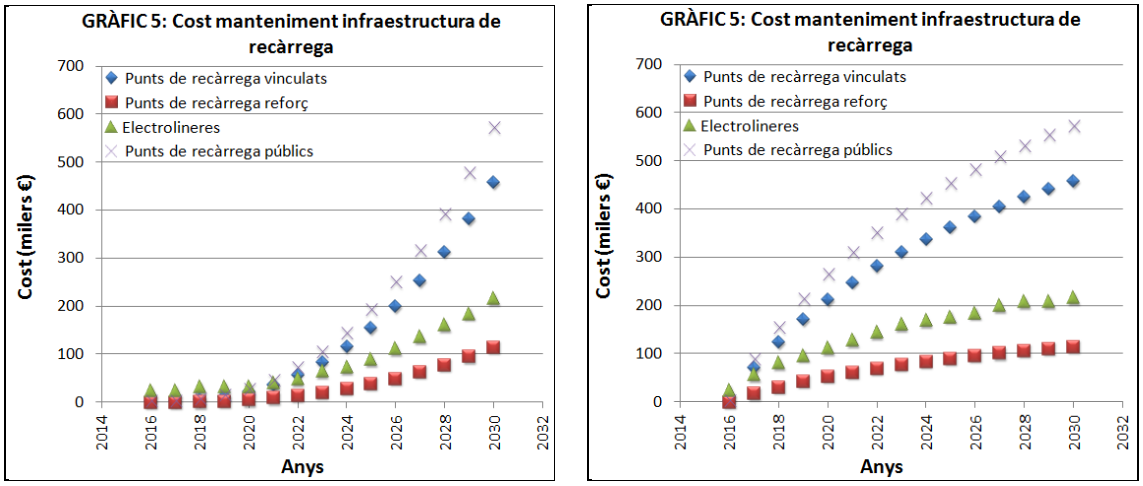


Figura 6.20. Gràfics de comparació del cost de manteniment d'infraestructures per cas 1 a (esquerra) i cas 1 b (dreta) de la eina informàtica.
Font: Elaboració pròpia.

Cal comentar que fent ús d'aquesta estratègia, el preu de la recàrrega de la bateria varia en funció del mode que s'utilitzi. És a dir, el preu del quilovat-hora (kwh) fent ús d'infraestructura privada és més barat que la recàrrega en infraestructura de càrrega ràpida. El cost de quilòmetre s'ha realitzat fent un cost mig amb la proporció de recàrregues especificada per aquesta estratègia. Per tant, amb aquest tipus d'estratègia també es fomenta l'ús de la infraestructura vinculada en horari nocturn penalitzant econòmicament les recàrregues diürnes.

6.3.6. Conclusions

Les tres estratègies analitzades en aquest capítol són molt diferents. Una d'elles és una estratègia d'implantació d'infraestructura 100% càrrega lenta, la qual afavoreix l'aspecte ambiental però exigeix un compromís i esforç per part de l'usuari per carregar durant les nits. Una altra és una estratègia d'implantació d'infraestructura 100% càrrega ràpida, la qual afavoreix la transició de vehicle de combustió a vehicle elèctric ja que el problema de la limitada autonomia es veu pal·liat per la recàrrega ràpida de les bateries, però en canvi, des del punt de vista medi ambiental-energètic és la que més perjudica, ja que al realitzar les recàrregues a qualsevol hora del dia es produeix un més gran entre els pics i vall de la

demanda energètica. I com a tercera estratègia s'ha analitzat una implantació mixta d'infraestructura, la qual fomenta la càrrega nocturna però ofereix la possibilitat de carregar el vehicle en situacions extraordinàries amb infraestructura d'oportunitat.

Un cop analitzades les tres possibles estratègies definides per a la ciutat de Barcelona es poden extreure les següents conclusions:

- Es comprova en les tres estratègies analitzades que és beneficiós pel negoci que hi hagi un creixement ràpid de la venda de vehicles elèctrics, ja que en tots els casos els beneficis s'avancen un quants anys. Per tant, el gestor necessita una política d'incentivació de la compra de vehicles elèctrics per a que el seu creixement sigui ràpid i així els primers anys poder tenir molts clients i obtenir ingressos que contrarestin el cost de la inversió de la infraestructura, ja que és la despesa més alta a la que ha de fer front el gestor. Però de les tres estratègies, la que aguanta millor un creixement lent del mercat de vehicle elèctric, seria l'estratègia d'implantació d'infraestructura de recàrrega lenta ja que amb aquesta estratègia el gestor de recàrrega solament inverteix en infraestructura quan hi ha nous clients.

- En les tres estratègies el cost més alt és degut a la inversió de la infraestructura, seguit del cost del consum d'energia, és a dir el que li costa l'energia al gestor per després vendre-la als usuaris de vehicle elèctric. Per tant, el gestor de recàrrega necessita centrar-se en aquests dos aspectes per a reduir els seus costos i així obtenir més beneficis i poder oferir un preu més competitiu de recàrrega pels seus clients.

- Centrant-se en el cost del consum d'energia, es comprova que l'estratègia d'implantació d'infraestructura de càrrega ràpida té un cost molt alt en comparació amb les altres estratègies (infraestructura càrrega lenta i infraestructura mixta). Cada endoll té un cost de 3.965 €/any de contractació de potència, això és degut a que el terme de potència per endoll en aquesta infraestructura és molt superior als altres (79,3€/kW-any) i cada endoll té una potència de 50 kW. Per a endolls de càrrega lenta, el cost anual de contractació de potència és de 131,90€/kW-any, i per a endolls de càrrega semi-ràpida és de 263,81€/kW-any. Per tant, en aquesta estratègia és important ajustar el número d'infraestructures a instal·lar i que aquestes tinguin un bon rendiment ja que el cost de contractació de potència és molt alt i redueix els beneficis.

- Analitzant l'estratègia 3, és a dir implantació d'infraestructura mixta, es comprova que la infraestructura que menys rendiment proporciona i més cost té és la infraestructura de càrrega semi-ràpida. Per tant, si es vol seguir aquesta estratègia, el gestor de recàrrega ha de reduir al màxim el número de punts de recàrrega semi-ràpida, ja que són els que més perjudiquen el negoci. Els usuaris de vehicle elèctric al tenir infraestructura de càrrega ràpida, per a poder carregar l'extra que necessiten, ja estan coberts en aquesta necessitat.

- Des del punt de vista econòmic del gestor de recàrrega, l'estratègia d'implantació d'infraestructura de càrrega lenta amb el cost mig de 0,26€/kWh (preu màxim) és la més beneficiosa, ja que és la que obté abans els beneficis i al final del període d'estudi és la que més guanys acumulats ha obtingut. Però si es té en compte la reducció del 25% preu, llavors l'estratègia més beneficiosa econòmicament és l'estratègia d'infraestructura mixta amb la reducció del número de punts de recàrrega públics (cas 3c i 3d).

Resum

Observant els anàlisis i les conclusions extretes, es pot dir que la millor estratègia per a implantar a la ciutat de Barcelona és la implantació d'infraestructura mixta, apostant sobretot per la càrrega vinculada nocturna i com a càrrega d'oportunitat la infraestructura de càrrega ràpida davant la infraestructura de càrrega semi-ràpida, ja que s'ha comprovat que aquesta última és la que més perjudica el negoci. Cal comentar que l'estratègia d'implantació d'infraestructura mixta és l'actual estratègia de la ciutat de Barcelona.

Amb aquesta estratègia, l'usuari de vehicle elèctric està totalment cobert, en principi ha de realitzar la recàrrega de les bateries en punts de càrrega vinculada però també té infraestructura pública per a poder realitzar càrregues extra. Aquest és un punt molt important, ja que si a l'usuari no se li ofereix confiança, no donarà el pas per canviar a mobilitat elèctrica.

Des del punt de vista energètic, suposant que el 90% de les càrregues es realitzen en horari nocturn i a velocitat lenta, aquesta estratègia és gairebé igual que l'estratègia d'infraestructura 100% càrrega lenta. Per tant, es considera que és una estratègia favorable al sistema energètic i ambiental.

S'ha comprovat que l'estratègia més rentable econòmicament és la implantació d'infraestructura 100% càrrega lenta, però des del punt de vista social no és acceptable. Per tant, aquesta estratègia és la millor opció sempre i quan el número de punts de recàrrega semi-ràpida sigui molt baix o nul.

CAPÍTOL 7. CONCLUSIONS

7.1. INTRODUCCIÓ

L'objectiu principal de la tesina era definir un procediment per la implantació de la mobilitat elèctrica urbana d'una manera dinàmica i aplicar-ho a la ciutat de Barcelona. Aquest objectiu s'ha aconseguit a partir de la definició d'un model econòmic i la creació de l'eina informàtica (Excel amb macros en codi Visual Basic), que encara que és senzilla, pot ser de gran ajuda pel gestor de recàrrega a l'hora de tenir una primera valoració de l'estratègia d'implantació del seu negoci.

Això ha estat possible després d'haver realitzat les tasques de recopilació i documentació sobre l'estat de l'art de la mobilitat elèctrica en general, centrant-se sobretot en els modes de transferència d'energia, més detalladament en el mode de càrrega inductiva i el seu impacte.

7.2 CONCLUSIONS GENERALS

- La mobilitat elèctrica existeix des del s.XIX, però per diferents motius, entre els quals destaquen la invasió del combustible fòssil i la limitada autonomia dels vehicles, la seva implantació no ha tingut èxit. Actualment, degut a que la societat comença a adonar-se de la necessitat de no dependre d'un recurs finit i de les millores ambientals que proporciona, l'alternativa de la mobilitat elèctrica està guanyant pes en la societat. Degut a que encara no és un sistema 100% integrat en la societat, el marc normatiu està en continu desenvolupament i per tant es donen situacions incoherents o buits legals en les normes que encara s'han d'anar corregint.

- La mobilitat elèctrica és un mercat nou que competeix amb una tecnologia molt desenvolupada i integrada en la societat. L'actual sistema de mobilitat amb vehicles de combustió interna proporciona unes prestacions molt altes en quant a autonomia i temps per omplir el dipòsit, aspectes que l'usuari també exigeix en els vehicles elèctrics. Això obliga a que la tecnologia del vehicle elèctric evolucioni ràpidament per poder satisfer aquestes necessitats.

- Tal i com s'ha comentat en aquest treball existeixen diferents modes de transferència d'energia. Actualment el més utilitzat és la càrrega conductiva ja que és el mode més desenvolupat i no cal realitzar una gran inversió per adaptar la mobilitat elèctrica. Però també existeix la càrrega inductiva, que és complexa i amb un alt cost de fabricació del sistema; l'intercanvi de bateries que encara que és una solució òptima per la limitada autonomia de les bateries, degut a la no estandardització de les bateries no és un mode de càrrega actualment factible, i la càrrega amb hidrogen o electròlits líquids que estan en vies de desenvolupament. Des del punt de vista del gestor de recàrrega, l'entrada i implantació d'una nova tecnologia de càrrega d'aquestes seria un fracàs pel seu negoci, ja que hauria de competir amb una velocitat de recàrrega que la infraestructura de càrrega conductiva no pot oferir.

- Existeixen diferents tipus de recàrrega en el mode de càrrega conductiva en funció de la velocitat de càrrega que ofereixen (càrrega lenta, semi-ràpida i ràpida) i per tant la

infraestructura associada també és diferent. Segons el tipus de recàrrega utilitzat el cost de càrrega de la bateria i l'impacte mediambiental varien. És per això que cal realitzar un estudi complet, valorant tant l'aspecte econòmic, com social i mediambiental, per decidir quina és la millor infraestructura per implantar en un territori.

- La mobilitat elèctrica té un impacte molt favorable localment, ja que simplement amb la circulació de vehicles elèctrics s'observen un efectes positius sobre la qualitat de l'aire i contaminació acústica. Però és necessari realitzar un estudi global i comptar amb l'emissió de contaminants produïts en la generació d'electricitat, que es veurà condicionada pel mix energètic utilitzat pel país.

- La clau de l'èxit de la implantació de la mobilitat elèctrica són els propis usuaris, per tant s'ha de satisfer les seves necessitats per tal de tenir èxit en aquest mercat. Entre les barreres més destacades apareix el cost dels vehicles en el moment de la compra, l'autonomia d'aquests, el desenvolupament de la tecnologia i número d'infraestructures de recàrrega i sobretot el desconeixement per part dels usuaris sobre el funcionament i les avantatges associades a aquests. Per tant, és treball tant dels fabricants com de l'administració donar a conèixer aquest nou estil de mobilitat i fer que sigui captivador, tant amb incentius, informació, etc.

- Actualment un dels problemes existents és la falta d'estandardització a nivell mundial dels elements de recàrrega, com per exemple els tipus de connectors i les bateries. És cert que els governs estan treballant en aquest tema perquè creuen que és necessari una homogeneïtzació, ja que aquest aspecte influeix negativament en el moment de la compra de vehicles.

- El gestor de recàrrega és una figura complexa que solament existeix a Espanya. Tal com s'ha comentat, encara no hi ha una legislació específica que reguli el marc de la mobilitat elèctrica i aquesta figura és una d'elles. És per això que existeixen opinions controvertides respecte a la llei que regula la figura del gestor de recàrrega i les funcions i obligacions que aquest ha de realitzar. Altres països amb una implantació més significativa de la mobilitat elèctrica no tenen regulada aquesta figura ja que consideren oportú esperar a tenir més volum de vehicles elèctrics abans de crear lleis.

- No es pot afirmar categòricament quina és la millor estratègia d'implantació de la infraestructura de recàrrega, perquè aquesta depèn de les característiques del territori on s'implantarà la mobilitat elèctrica, és a dir, planejament urbanístic, volum de desplaçaments, activitat comercial i de negoci, activitats de la ciutats, mix energètic, etc. És per això que cal estudiar cada territori per separat per escollir una millor estratègia.

- Des del punt de vista medi ambiental-energètic, l'estratègia més beneficiosa és aquella que realitza les recàrregues de bateries en horari nocturn, ja que s'aconsegueix un aplanament de la corba de demanda d'energia elèctrica, repercutint en una major eficiència del sistema elèctric, i un augment de la integració d'energies renovables. Per tant, la millor estratègia en aquest sentit és la implantació d'infraestructura de càrrega lenta vinculada, seguida de l'estratègia d'implantació d'infraestructura mixta ja que fomenten la recàrrega nocturna amb una càrrega lenta. L'estratègia d'implantació d'infraestructura ràpida és totalment oposada a aquestes idees, ja que normalment es farà ús d'aquesta infraestructura en horari de màxima demanda repercutint en un

increment de demanda d'energia elèctrica en hores pic i necessitant una major aportació d'energia de les centrals tèrmiques.

- Des del punt de vista social, l'estratègia més semblant al sistema actual de benzineres és la implantació d'infraestructura 100% càrrega ràpida (mode 4), ja que amb aquesta infraestructura l'usuari hauria de canviar molt poc el seu estil de vida, però econòmicament és la menys beneficiosa ja que el cost de la recàrrega de les bateries seria molt superior, perquè el cost de la infraestructura, el manteniment i el cost del quilovat-hora és molt superior a les altres infraestructures. És per això que des del punt de vista social, l'estratègia més beneficiosa és la implantació d'infraestructura mixta, la qual combina tots els modes de càrrega (mode 1 i 2, mode 3 i mode 4), ja que amb aquesta estratègia fent un ús més alt de la càrrega lenta afavoreix la seva economia, però també té una xarxa d'infraestructura pública d'oportunitat per a poder realitzar les càrregues en situacions extremes, i així la limitació de l'autonomia es veuria resolta.

- Després de realitzar l'estudi d'estratègies ja implantades a altres territoris, es conclou que és necessari una implicació conjunta entre administracions públiques, fabricants de vehicles elèctrics i fabricants d'infraestructura de recàrrega, per tal d'aconseguir l'èxit de la implantació de la mobilitat elèctrica. Això requereix d'incentius i ajudes pels usuaris per que comprin els vehicles però també és necessari ajudes i/o convenis pels fabricants. Tots els casos que han fet un desenvolupament per separat han fracassat.

7.3 CONCLUSIONS SOBRE EL CAS APLICAT

- Es poden determinar una infinitat de casos d'estudi, ja que s'ha determinat el model econòmic i l'eina informàtica en funció de paràmetres. Al variar qualsevol dels paràmetres es crea un nou cas d'estudi, per tant, abans de començar a realitzar l'anàlisi és necessari tenir clar la línia estratègica dels casos d'estudi i després variar els paràmetres sensiblement per obtenir l'estratègia òptima.

- L'estratègia d'implantació d'infraestructura de càrrega lenta és la única que és favorable per a un creixement lent del mercat de vehicles elèctrics, ja que el gestor solament inverteix en infraestructura quan hi ha nous clients, per tant, no realitza una inversió inicial amb risc. En canvi, les altres dues estratègies, al realitzar una inversió inicial en infraestructura de càrrega ràpida o semi-ràpida per atraure clientes, aquesta inversió no es veu ràpidament compensada pels ingressos. És per això que és necessària la intervenció de l'administració pública per a crear polítiques d'incentivació en la compra de vehicles elèctrics, ja que un creixement ràpid de venda de vehicles elèctrics repercuteix en un avanç en els beneficis del negoci respecte un creixement lent.

- Es comprova, en tots els casos analitzats, que la inversió de la infraestructura seguit del cost del consum d'energia són els dos conceptes amb un cost més elevat. Per tant, és en aquests dos aspectes en els quals el gestor de recàrrega s'ha de centrar per reduir costos i així obtenir més beneficis en el seu negoci.

- Realitzant l'anàlisi de la estratègia d'implantació d'infraestructura mixta, es comprova que la infraestructura que més perjudica al negoci del gestor de recàrrega és la

infraestructura mode 3 (semi-ràpida), ja que el seu cost de manteniment és molt alt i el rendiment que ofereix és molt baix. Comparant aquesta infraestructura amb la càrrega ràpida, encara que aquesta última és més cara, també té un rendiment més alt, per tant, és més rentable invertir en infraestructura de càrrega ràpida.

- Des del punt de vista econòmic del gestor de recàrrega, l'estratègia òptima és la implantació d'infraestructura 100% càrrega lenta (mode 1 i mode 2) ja que el cost de del quilovat-hora (kWh), el cost de la infraestructura i el seu manteniment són més baixos respecte de les altres estratègies, però al ser una estratègia que no ofereix altes prestacions, el preu de venta del quilovat-hora (kWh) ha de ser inferior a les altres estratègies. Per tant, tenint en compte aquest aspecte, de l'anàlisi realitzat en el capítol 6 resulta que l'estratègia òptima des del punt de vista econòmic és l'estratègia d'implantació d'infraestructura mixta amb un número mínim de punts de recàrrega semi-ràpids. L'estratègia d'infraestructura ràpida seria la que més perjudica el negoci.

- L'estratègia òptima per a la ciutat de Barcelona en base a criteris econòmics és la implantació d'infraestructura mixta, amb un alt percentatge d'ús de càrrega lenta (mode 1 i 2) durant l'horari nocturn i amb el suport d'infraestructura pública, principalment càrrega ràpida (mode 4).

7.4 VALORACIÓ PERSONAL

La mobilitat elèctrica és un concepte que està ressorgint de nou, però encara queda el més important que és l'acceptació per part de la població. Des dels governs i administracions s'està treballant per incentivar la compra de vehicles elèctrics i donar una empenta a la mobilitat elèctrica, però encara queda un gran recorregut respecte el marc normatiu, estandardització de la infraestructura, desenvolupament de la tecnologia, i sobretot donar a conèixer el vehicle elèctric, perquè avui dia solament es pot veure un anunci de vehicle elèctric en la televisió i en cap sèrie de televisió del país surt un vehicle elèctric ni híbrid, com sí comença a passar als Estats Units.

L'usuari de vehicle elèctric, per donar el pas de canviar a mobilitat elèctrica, ha de veure sobretot un estalvi econòmic i que el problema de la recàrrega de la bateria està solucionat, és a dir necessita estar confiat que podrà carregar el vehicle sempre que ho necessiti. Serà en aquest moment quan la mobilitat elèctrica podrà començar a créixer.

El model econòmic creat per aquest treball és senzill però útil per a realitzar una primera valoració econòmica. No té en compte la variació dels paràmetres durant el període d'estudi, és a dir, no considera la variació del mercat de venda de vehicles, ni de la variació del cost dels quilovats-hora, de la infraestructura, el consum d'energia, etc. Per tant, una millora d'aquest seria introduir la variació dels paràmetres ja que així l'anàlisi es podria ajustar més a la realitat. Cal comentar que el model està pensat des del punt de vista del negoci del gestor de recàrrega, per tant, no té en compte ni l'aspecte ambiental, ni energètic, ni social de les estratègies, i tal com s'ha comentat anteriorment, per a tenir un estudi complet caldria afegir un anàlisi valorant els aspectes no econòmics, ja que depenent dels objectius marcats per l'administració aquesta valoració pot ser determinant. Per últim, realitzar un anàlisis de sensibilitat de tot el programari podria detectar debilitats que podrien millorar l'eina informàtica i professionalitzar-la.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA

- Ajuntament de Barcelona (Ed.) (2014). *Dades bàsiques de mobilitat 2013*. Barcelona.
- Berger,R, (Ed.). (2014). *E-mobility index Q1/2014.* Stuttgart
- Circe (Ed.) (2013). *Circe organiza en Japón el segundo encuentro del Grupo de Carga Rápida de Vehículo Eléctrico de laAgencia internacional de la Energía*. C.C: Tokio.
- Comissió IVECAT (2010). *L'estratègia d'impuls del vehicle elèctric a Catalunya 2010-2015* (Informe No. 175). Barcelona: Institut Català de l'Energia.
- Comissió Nacional d'Energia (Ed.), 2014a*. Llistat d'emrpeses acreditades com Gestores de Recàrrega*. Catalunya.
- Comissió Nacional d'Energia (Ed.), 2014b. *ITC-BT-52 Instrucció Tècnica Complementària de Baixa Tensió*. Barcelona.
- Costas J (2010). *Pila de combustible, alternativa al coche eléctrico*. En Motor Pasión Futuro.
- Espanya. Jefatura del Estado (1997). *Llei 54/1997, de 27 de novembre, del sector elèctric (BOE 285, de 28-11-1997)*. Madrid.
- Espanya. Jefatura del Estado(2010). *Real Decreto-ley 6/2010, de 9 de abril, de medidas para el impulso de la recuperación económica y el empleo*. Madrid: Boletín Oficial del Estado.
- Espanya. Jefatura del Estado(2011). *Real Decreto 647/2011, de 9 de mayo, por el que se regula la actividad de gestor de cargas del sistema para la realización de servicios de recarga energética.* Madrid: Boletín Oficial del Estado.
- Espanya. Ministerio de Indústria, Turismo y Comercio(2010). *Real Decreto 1738/2010, de 23 de diciembre, por el cual se fijan los objetivos obligatorios de biocarurantes para los años 2011, 2012 i 2013*. Madrid: Boletín Oficial del Estado.
- European Comission (Ed.) (2013). *Clean power for transport – Frequently asked questions* (MEMO/13/24). Brusel·les.
- Ibañez, P. (2011). *Vehículos eléctricos de pila de combustible de hidrógeno*. En Motorpasíon futuro.
- Ibañez, P. (2013). *Las claves del éxito del coche eléctrico en Noruega*. En Motorpasíon futuro.
- IDAE (Ed) (2011). *Plan de ahorro y eficiencia energética 2011-2020. 2º plan de acción nacional de eficiencia energética en España 2011-2020*. Madrid.
- Institut Cerdà (Ed.) (2012). *El Pla de promoció de l'ús del vehicle elèctric a l'AMB*. Barcelona.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio; Fundación Instituto Tecnológica para la Sostenibilidad del Automóvil-FITSA; Instituto para la diversificación y ahorro de la energía – IDAE; Delegado del Grupo A (Demanda y Promoción–RACE); Delegado del Grupo B (Industrialización e I+D+i– ANFAC), Delegado del Grupo C (Infraestructuras y

Gestión Energética–REE) (2010). *Estrategia integral para el impulso del vehículo eléctrico en España.*

- Nacions Unides (Ed.) (1987). *Our Common Future* (Informe Development and International Co-operation: Environment).
- Pallisé, J; Astals, F; Cairo, I; Comellas, J; Martinez, Serra, J, et al. (2010). *Diagnosi i perspectives del vehicle elèctric a Catalunya. Informe CADS (2010)*. Catalunya.
- Plataforma Live (Ed.) (2012). *Memòria Anual 2012.Live Plug in Barcelona*. Barcelona.
- Pontes, J. (2014). *Estonia December 2013*. En InsideEVS.
- PricewaterhouseCoopers (Ed.) (2010). *El modelo eléctrico español en 2030. Escenarios y alternativas*.
- Sustanaible Mobility (2011). *La historia del coche eléctrico: un largo proceso de desarrollo*. En Tecmovia.
- Van Den Bossche, P. Et al (2005). *SUBAT: An assessment of sustainable battery technology*. (Informe: Journal of Power Sources Volume 162 No. 2, p. 913-919).

ALTRA BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA

- Aedive (2014). www.aedive.es
- Arango, N. (2012). *Evaluación de la sostenibilidad de la movilidad eléctrica urbana a través de un modelo MIVES*. Barcelona: UPC.
- Berman, B. (2013). Better Place pulled down Israel and Denmark Electric Car markets.
- CHAdeMO (2014). www.chademo.com
- Citelec. www.citelec.org/
- Costas, J. (2011).*Historia de los coches eléctricos*. En Motor Pasión Futura.
- Delphi Automotive LLP (2014). www.delphi.com
- Departament d'Economia i Finances, Generalitat de Catalunya (Ed.) (2009*). La política energética en el nuevo escenario mundial: Reflexiones y propuestas desde Cataluña* . Barcelona.
- Elmo. : www.elmo.ee
- Endesa (2014). www.endesavehiculoelectrico.com; www.endesa.com
- Espanya. Ministerio de Agricultura, Alimentació y Medio Ambiente (2014). *Factores de emisión de los carburantes por caterogía de vehículo y tipo de contaminante*. Madrid: Boletín Oficial del Estado.
- EV Norway: www.evnorway.no/
- Feder, J. (2012). *2012 Fisker Karma vs 2012 Tesla Motors S*: Video Debate.
- Fisker Automotive. www.fiskerautomotive.com
- Fuel prices Europe: www.fuel-prices-europe.info

- Gronnbil. www.gronnbil.no
- Guerrero, V. (2012). Estudio *sobre los gestores de cargas para vehículos eléctricos*. Madrid. Carlos III de Madrid
- IBIL. www.ibil.es
- IDAE (Ed.) (2011). *Guía para la promoción del vehículo eléctrico en las ciudades. Movele*. Madrid.
- IDAE (Ed.) (2012). *Mapa tecnológico. Movilidad eléctrica*. Madrid.
- Idescat (2013). http://www.idescat.cat/es/
- International Energy Agency (Ed.)(2011). Hybrid and Electric Vehicles. The electric drive plugs in.
- International Energy Agency (Ed.) (2012). Hybrid and Electric Vehicles. The electric drive captures the imagination.
- García, J.; López, F.; Zabala, J.; Iriarte,M(1997) *El vehículo eléctrico. Tecnología, desarrolllo y perspectivas de futuro*.Espanya: McGraw-Hill.
- Guerrero, V (2012). *Estudio sobre los gestores de cargas para vehículos eléctricos. Madrid*: Universidad Carlos III.
- Junta de Castilla y León (Ed.). (2011). *Guía del vehículo eléctrico para Castilla y León. Aspectos básicos para el desarrollo e implantación del vehículo eléctrico.* León.
- Live (Ed.) (2010). *Mou-te en vehicle elèctric. Guia pràctica de la mobilitat elèctrica*. Barcelona enwww.bcn.cat/livebarcelona
- Live (2013). La UE pretén que al 2050 tots els vehicles siguin sostenibles. Live Barcelona.
- Lugernergy (2014): www.lugenergy.com.
- Macroaxis (2014). *Correlation analysis between Tesla and George Fischer*. USA.
- MIT (2013). www.technologyreview.com/
- National Highway Traffic Safety Administration (2011). www.nhtsa.gov/
- Nissan (2014). www.nissan.es
- Pallísé, J.; Guillén, F.; Alonso, J.; Van Dijck, K.; Chacón, J.; Amarilla, J.M.; et al. (2012). *Guía del Vehículo Eléctrico*. Madrid.
- Palou, N. (2014). *Baterías líquidas para los coches eléctricos que se recargan en minutos*. A Radio Televisión Española.
- Paya, A. (2014). *Un coche eléctrico también funciona con hidrógeno*. A 20 minutos.
- Pearson, D; Toth,S. (2013). *Better Place's failure is blow to Renault*. A The Wall Street Journal.
- Picazo, J. (2013). Japón se lanza a la movilidad eléctrica. A EFE: Futuro.
- Red Eléctrica de España. www.ree.es http://www.ree.es/es/red21/vehiculo-electrico#
- Sherman, D. (2013). *Tesla across America: How Elon Musk is building an EV infrastructure*. En Car and Driver. A Car and Driver.

- Sociedad de Técnicos de Automoción (STA); Alonso, M; Buyoli, F; Castellà, S; Freixa, A; Fusees, V; García, E; et al. (2011.) *Vehículo Eléctrico. Desafíos tecnológicos, Infraestructuras y oportunidades de negocio*. Espanya: Librooks.
- Statistics Norway: www.ssb.no/en/elkraftpris
- Tesla: www.teslamotors.com/
- Transport of London (Ed.) (2010). Guidance for implementation of electric vehicle charging infraestructure. London.

ANNEXOS

ANNEX 1. Estat de l'art.
ANNEX 2. Càlculs per definir les hipòtesi de venda de vehicles elèctrics.
ANNEX 3. Programari-codi Visual Basic.
ANNEX 4. Aplicació eina informàtica a estratègies.
ANNEX 5. Full de càlcul del model econòmic