



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Mecànica

CAPACITAT DE L'ÀREA METROPOLITANA PER A L'ALIMENTACIÓ DEL VEHÍCLE ELÈCTRIC



Memòria i Annexos

Autor: Oscar Fius Cañas
Director: Pablo Buenestado Caballero
Convocatòria: Juny 2020

Resum

Aquest estudi sobre la capacitat de l'Àrea Metropolitana de Barcelona per poder sostenir la recàrrega dels vehicles elèctrics, posa de manifest les possibles manques a nivell energètic i/o infraestructural, que podria patir aquesta regió a mesura que el parc de vehicles elèctrics vagi guanyant terreny als vehicles convencionals, per tant, un dels objectius d'aquest treball es valorar els avantatges i inconvenients que aquesta nova situació pugui tenir sobre la societat i el medi ambient d'aquesta zona.

Primerament, es realitzarà aquest estudi en 4 possibles escenaris de futur, on el vehicle elèctric vagi guanyant pes dins del parc de vehicles total dins de l'Àrea Metropolitana, per així, poder acabar l'estudi fent una previsió de la quantitat futura d'aquest tipus de vehicles en aquesta regió l'any 2030 si es comencen a aplicar mesures més estrictes que fomentin la progressió del vehicle elèctric i la desaparició dels vehicles convencionals, o si bé es continua amb la dinàmica actual.

D'aquesta manera, també es podrà encaixar els escenaris simulats anteriorment en un interval de temps més concret, i poder observar si la previsió d'arribar a aquests escenaris en els anys objectivats és real o acabaria sent inviable, i per tant, faria falta més temps per poder assolir-los, o un augment de mesures que milloressin aquest creixement.

Per acabar, a l'estudi també es podran apreciar les modificacions i canvis que s'hauran d'anar implementant en els diferents àmbits a estudi per poder adaptar l'Àrea Metropolitana a aquesta nova situació, i no arribar a una saturació dels recursos.

Resumen

Este estudio sobre la capacidad del Área Metropolitana de Barcelona para soportar la recarga de los vehículos eléctricos, revelaría las posibles carencias, ya sea a nivel energético y/o de infraestructural, que podrían tener esta región a medida que el parque de vehículos eléctricos vaya ganando terreno a los vehículos convencionales, por lo que también se valorarán las ventajas y desventajas que esta nueva situación pueda tener en la sociedad y el medio ambiente de esta zona.

En primer lugar, este estudio se llevará a cabo en 4 posibles escenarios de futuro, donde el vehículo eléctrico está ganando peso dentro del parque de vehículos totales del Área Metropolitana, pudiendo así terminar el estudio realizando una previsión de la futura cantidad de vehículos eléctricos en esta región en los años 2030 si se comienzan a aplicar medidas más estrictas que promuevan la progresión del vehículo eléctrico, o si bien se continúa con la dinámica actual.

De esta manera, los escenarios previamente simulados podrán situarse en un intervalo de tiempo más específico, y así será posible observar si la previsión de alcanzar estos escenarios en los años objetivos es real o sería inviable, por lo que sería necesario más tiempo para lograrlos o un aumento de las medidas para potenciar este crecimiento.

Por último, en el estudio se podrán apreciar las modificaciones y cambios que habrá que implementar en las diferentes áreas a estudio para poder adaptar el Área Metropolitana a esta nueva situación, y no llegar a una saturación de los recursos.

Abstract

This study of the capacity of the Barcelona's metropolitan area to support the recharging of electric vehicles, would reveal the possible shortcomings, whether at an energy and/or infrastructural level, that this region could have as the fleet of electric vehicles gains land to conventional vehicles, so the advantages and disadvantages that this new situation may have on society and the environment in this area will also be valued.

Firstly, this study will be carried out in 4 possible future scenarios, where the electric vehicle is gaining weight within the total fleet of vehicles in the Metropolitan Area, thus being able to finish the study by forecasting the future number of electric vehicles in this region in the 2030s if more stringent measures are started to promote the progression of the electric vehicle, or if the current dynamics continue.

In this way, the previously simulated scenarios can be placed in a more specific time interval, and thus it will be possible to see if the forecast of reaching these scenarios in the objective years is real or would be unfeasible, so it would be necessary to take more time to achieve them, or an increase in measures to improve this growth.

Finally, the study will show the modifications and changes that will have to be implemented in the different areas under study in order to adapt the Metropolitan Area to this new situation, and not reach a saturation of resources.

Agraïments

Vull agrair a l'encarregat del projecte tota l'assistència proporcionada en la resolució de dubtes i propostes de millora per a aquest treball. A més, la seva disposició de tots dos per contestar correus electrònics en moltes ocasions, amb dubtes que sorgia en el transcurs del desenvolupament de l'obra.

En segon lloc, gràcies als portals IERMBD i IDESCAT per la gran quantitat de dades proporcionades per poder desenvolupar aquest estudi amb dades reals i acurades. I finalment, agrair als meus amics i família el suport durant aquests quatre anys.

Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRAÏMENTS	IV
1 PREFACI	9
1.1.1 Origen del treball.....	9
1.1.2 Motivació.....	9
1.1.3 Requeriments previs	9
2 INTRODUCCIÓ	10
2.1.1 Objectius del treball	10
2.1.2 Abast del treball.....	10
3 MÈTODES ESTADÍSTICS	11
3.1 Regressió lineal simple.....	11
3.1.1 Coeficient de correlació.....	11
3.2 Regressió exponencial	11
3.3 Mètode Holt	12
4 L'ÀREA METROPOLITANA	14
5 EL VEHICLE ELÈCTRIC	16
5.1 Història del vehicle elèctric a l'Àrea Metropolitana de Barcelona	16
5.2 Tipus de vehicles elèctrics.....	18
5.2.1 El vehicle híbrid.....	18
5.2.2 El vehicle híbrid endollable.....	19
5.2.3 El vehicle híbrid d'autonomia estesa	20
5.2.4 El vehicle elèctric pur.....	21
6 TIPUS DE CONNECTORS	24
6.1 Connector Schuko	24
6.2 Connector Tipus 1 (SAE J1772)	24
6.3 Connector tipus 2.....	25
6.4 Connector tipus 3.....	25
6.5 Connector CHAdeMO	26

6.6	Connector CCS (Combo, IEC-62196-3)	26
7	MODES DE RECÀRREGA	28
7.1	Mode 1	28
7.2	Mode 2	29
7.3	Mode 3	30
7.3.1	Wallbox	31
7.4	Mode 4	32
7.5	Recàrrega ultra ràpida	33
8	TEMPS DE RECÀRREGA	35
8.1	Mode 1	35
8.2	Mode 2	36
8.3	Mode 3	36
8.4	Mode 4	37
9	PARC DE VEHICLES A L'ÀREA METROPOLITANA L'ANY 2017	38
9.1	Parc de vehicles gasolina-dièsel	38
9.2	Parc de vehicles elèctrics	39
9.3	Transport públic elèctric a l'Àrea Metropolitana	40
9.4	Evolució del parc de vehicles a l'Àrea Metropolitana	40
10	ESCENARIS A ESTUDI	43
10.1	Escenari 1	43
10.2	Escenari 2	45
10.3	Escenari 3	46
10.4	Escenari 4	47
11	CAPACITAT ENERGÈTICA	49
11.1	Consum del parc de vehicles a l'Àrea Metropolitana	49
11.1.1	Consum d'electricitat dels vehicles elèctrics a l'Àrea Metropolitana l'any 2017	49
11.1.2	Consum del parc de vehicles convencionals a l'Àrea Metropolitana de Barcelona l'any 2017	52
11.2	Consum del parc de vehicles en els diferents escenaris	54
11.2.1	Escenari 1	54
11.2.2	Escenari 2	55
11.2.3	Escenari 3	56
11.2.4	Escenari 4	56

11.3	Variació de la demanda elèctrica diària als diferents escenaris	57
11.4	Distribució de la demanda elèctrica en la recàrrega durant les hores super vall.59	
11.5	Distribució de la demanda elèctrica en la recàrrega durant les hores punta.....	60
11.6	Potència instal·lada a l'AMB l'any 2017	61
11.7	Potència necessària derivada de la recàrrega dels vehicles elèctrics als diferents escenaris.....	63
11.7.1	Potencial de l'energia solar a l'Àrea Metropolitana de Barcelona	64
12	CAPACITAT INFRASTRUCTURAL	68
12.1	Punts de recàrrega domèstics	68
12.1.1	Instal·lació d'un punt de recàrrega en un garatge comunitari	68
12.1.2	Instal·lació d'un punt de càrrega en un garatge individual d'un habitatge unifamiliar.....	69
12.1.3	Cost de la instal·lació d'un punt de recàrrega domèstic.....	69
12.1.4	Ajudes per la compra d'un vehicle elèctric i la instal·lació de la corresponent estació de recàrrega.	70
12.2	Punts de recàrrega a la via pública	71
12.2.1	Cost de la instal·lació d'un punt de recàrrega a la via pública.....	71
12.2.2	Normativa sobre les infraestructures per la recàrrega dels vehicles elèctrics....	71
12.2.3	Distribució dels punts de recàrrega públics a l'Àrea Metropolitana de Barcelona actual	72
12.2.4	Punts de recàrrega municipals a l'AMB	73
12.2.5	Estacions de recàrrega ràpida a l'AMB	73
12.3	Distribució de les estacions de recàrrega a l'Àrea Metropolitana.....	76
12.4	Estacions de recàrrega necessàries als diferents escenaris.....	79
12.4.1	Estacions de recàrrega necessàries a l'Escenari 1.....	80
12.4.2	Estacions de recàrrega necessàries a l'Escenari 2.....	81
12.4.3	Estacions de recàrrega necessària a l'Escenari 3	81
12.4.4	Estacions de recàrrega necessària a l'Escenari 4	82
12.5	Inversió derivada de la instal·lació de les estacions de recàrrega necessàries en els diferents escenaris.....	83
13	COST DE RECÀRREGA DEL VEHICLE ELÈCTRIC	85
13.1	Comparació del cost de recàrrega dels vehicles elèctric envers dels vehicles dièsel- gasolina als domicilis.....	87
13.2	Cost de recarregar els vehicles elèctrics a les estacions de recàrrega municipals.	88

13.2.1	Metrolineres i ferrolineres.....	89
14	ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL _____	92
14.1	Emissions dels gasos d'efecte hivernacle i altres contaminants provinents del parc de vehicles a l'Àrea Metropolitana l'any 2017.....	93
14.2	Emissions anuals dels vehicles de carretera a l'AMB als diferents escenaris	96
14.3	Recàrrega dels vehicles en diferents zones horàries.	98
15	PREVISIÓ DEL PARC DE VEHICLES ELÈCTRIC PER L'ANY 2030 _____	102
15.1	Primer cas	103
15.1.1	Evolució fins l'any 2030.....	104
15.2	Segon cas	105
	CONCLUSIONS _____	107
	PRESSUPOST I/O ANÀLISI ECONÒMICA _____	111
	Pressupost d'enginyeria i investigació	111
	Pressupost derivats dels equips i llicències informàtiques.....	112
	Resum	112
	BIBLIOGRAFIA _____	113
	ANNEX A _____	120

1 Prefaci

1.1.1 Origen del treball

Avui dia, la integració dels vehicles elèctrics a l'àmbit urbà, és un dels principals reptes als quals s'ha d'enfrontar la societat, per això hem va semblar interessant poder realitzar un estudi sobre com s'haurà d'adaptar l'àrea demogràfica on visc a aquesta nova situació.

Això, lligat a la meva afició a l'Estadística, em van fer proposar-li aquest tema al meu tutor, amb el qual vaig cursar una optativa d'Estadística l'últim curs de Grau.

1.1.2 Motivació

La principal motivació per realitzar el meu treball sobre aquest tema ha sigut la deriva que últimament està tenint tant la indústria de l'automoció, com les diferents entitats públiques cap a la promoció d'aquests tipus de vehicles, distingint cada cop més vehicles elèctrics circulant pels carrers, o observant cada cop més estacions de recàrrega a les ciutats, quan fa pocs anys aquests fets eren inexistents.

Per una altra banda, també m'intrigava saber el avantatges que la incorporació del vehicle elèctric podria retribuir a la societat, o si envers això, podria integrar més inconvenients que no pas avantatges, tant en l'àmbit de sostenibilitat com en l'econòmic.

1.1.3 Requeriments previs

Per poder afrontar aquest estudi, i poder aconseguir unes conclusions acurades i funcionals, és necessari tenir uns coneixements bàsics sobre l'Estadística, ja que la majoria de trets a estudi s'han realitzant mitjançant una sèrie de càlculs que han requerit un tractament de dades bastant ampli.

També ha sigut necessari tenir una base sobre el funcionament dels vehicles elèctrics i de com es realitza la seva recàrrega, donat que s'ha de tenir una petita noció d'electricitat per poder realitzar els càlculs relatius als consums energètics als diferents apartats.

2 Introducció

2.1.1 Objectius del treball

L'objectiu principal d'aquest treball és estudiar la capacitat que haurà de tenir l'Àrea Metropolitana de Barcelona per poder sostenir la incorporació del vehicle elèctric en un futur no gaire llunyà.

Caldrà tenir en compte quins trets caldrà reforçar per tal que l'àmbit demogràfic a estudi no arribi a saturar-se i pugui oferir la possibilitat de poder recarregar tants vehicles elèctrics com la societat ho demandi, a més serà necessari intentar predir quin cost derivat de l'alimentació d'aquests vehicles es tindrà en diferents escenaris, per tal de poder fer les inversions necessàries i idear un pla d'acció per anar adaptant-se als diferents escenaris sense problemes.

2.1.2 Abast del treball

Al treball en qüestió només es tindrà en compte el vehicle elèctric pur, és a dir, es centrarà en tots aquells vehicles elèctrics purs que circulen avui dia pels carrers i carreteres de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, però no s'enfocarà en l'estudi d'altres tipus de vehicles elèctrics com puguin ser els híbrids.

Per poder realitzar uns càlculs amb resultats reals i fiables, s'ha realitzat una recerca de dades sobre els diferents trets a estudi dels diferents pobles i ciutats que integren aquesta àrea metropolitana, obtenint quasi la major part de les dades als portals web IERMB, IDESCAT i Dades Obertes de Catalunya.

Aquest estudi només es centrarà en els vehicles que circulen habitualment per l'Àrea Metropolitana de Barcelona com poden ser els ciclomotors, les motocicletes, les furgonetes, els turismes, els camions amb un pes superior als 3500 kg i els camions més lleugers.

3 Mètodes estadístics

Durant la realització d'aquest estudi s'han dut a terme futures previsions de l'evolució del parc de vehicles a l'Àrea Metropolitana. En aquestes previsions s'ha tingut en compte l'aplicació o no, de condicions i mesures per tal de reduir les emissions actuals derivades del transport de carretera, i que afavoreixen la progressió dels vehicles elèctrics.

3.1 Regressió lineal simple

L'objectiu d'un model de regressió es tractar d'explicar la relació que existeix entre una variable dependent "y" i un conjunt de variables independents x_1, x_2, \dots, x_n .

En un model de regressió lineal simple es tracta d'explicar la relació que existeix entre la variable dependent "y" i una única variable independent "x".

El model de regressió lineal simple té la següent expressió:

$$y = \alpha + \beta x + error$$

3.1.1 Coeficient de correlació

El coeficient de correlació lineal ve donat per la següent expressió:

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Aquest valor es pot situar entre els valors de -1 i 1, i el seu quadrat es denomina coeficient de determinació (R^2). Aquest valor ens indica si las variables son independents, llavors $r=0$, o si en canvi existeix una relació lineal exacta entre "x" i "y", llavors r valdria 1 (relació directa) ó -1 (relació inversa).

Si $r>0$, això indica una relació directa entre las variables, és a dir, que si augmentem "x", també augmentarà "y", i en canvi, si $r<0$, la correlació entre las variables es inversa (si augmentem una, l'altre disminueix)

3.2 Regressió exponencial

Aquest model de regressió és una alternativa quan el model lineal no aconsegueix un coeficient de determinació apropiat, o quan el fenomen en estudi té un comportament que es pot considerar potencial o logarítmic.

La regressió exponencial és un mètode que permet trobar l'equació de la funció exponencial que millor encaixi amb un grup de dades i així poder estimar els valors futurs de la seva variable dependent (y).

$$y = A \times e^{Bx}$$

Per tal de linealitzar aquesta equació s'apliquen logaritmes a ambdues bandes:

$$\ln(y) = \ln(A) + Bx$$

On en el nostre cas, la variable dependent " y " representarà la quantitat de vehicles elèctrics en cada instant de temps " x " (variable independent), la constant A és el pendent, i B és el punt on l'eix vertical talla la regressió.

Aquest tipus de regressió és molt útil quan les dades de la sèrie que volem estudiar augmenten o es divideixen en intervals cada cop més grans.

3.3 Mètode Holt

El mètode proposat per Holt és un mètode de suavització exponencial que s'aplica a sèries que tenen una tendència i una estacionalitat aproximadament lineal.

El model utilitza dues constants, α i δ , que prenen valors entre 0 i 1. Com més baix sigui el valor d'aquestes constants, les prediccions seran més suavitzades. Això és degut a que alfa dependrà de la importància que li vulguem atorgar a les dades recents (alfa més elevada) o a les dades més antigues (alfa més petita), i la delta funciona de manera similar. Un δ elevada fa que la previsió respongui més ràpidament als canvis en la tendència, mentre que un δ menor tendeix a suavitzar la tendència actual, donant menys pes a les dades recents.

Al mètode de Holt es calcula directament dos variables de suavització per a cada moment de temps:

$$S_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot (S_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \delta \cdot (S_t - S_{t-1}) + (1 - \delta) \cdot b_{t-1}$$

S_t : Estimació del nivell de la sèrie en un temps " t "

b_t : Estimació de la pendent de la sèrie en un temps " t "

Per obtenir la predicció en un cert temps " t " cal anar a la següent expressió:

$$Y_t = S_t + b_t$$

Per començar a calcular cal establir valors inicials.

Per a ambdues variables, és possible el seu càlcul de dues maneres diferents. D'una banda, l'opció més apropiada seria a través de les següents fórmules:

$$b_0 = \frac{Y_t - P_1}{T-1} \quad ; \quad P_0 = Y_1 - \frac{1}{2} \cdot b_0$$

L'alternativa passaria per obtenir P_0 a partir de $P_0 = Y_1$ y b_1 a partir de la pendent per l'ajust dels mínims quadrats de la sèrie.

Els valors inicials per iniciar la recurrència es poden obtenir directament dels coeficients obtinguts en l'ajustament d'una recta de regressió per mínims quadrats.

L'expressió per determinar les futures prediccions d'aquesta sèrie de dades ve donada per:

$$Y_{t+j} = S_t + b_t \cdot j$$

On j és la quantitat d'interval·ls futurs a pronosticar, és a dir, la diferencia de períodes des de l'instant que es vol estimar fins l'últim període del qual és tenen dades.

4 L'Àrea Metropolitana

L'estudi en qüestió es centrarà a l'Àrea Metropolitana de Barcelona, aquesta esta composta per 36 municipis (Taula 4.1), amb una població de 3.239.337 habitants i una extensió de 636 km², lo que suposa un 42,62% de la població i un 1,994% de territori català.



Figura 4.1 Mapa dels municipis que componen l'Àrea Metropolitana de Barcelona [1]

L'Àrea Metropolitana de Barcelona era administrada per la Corporació Metropolitana de Barcelona, fins al 1987, data de la seva dissolució i les competències van passar a mans d'altres 3 entitats:

Entitat Metropolitana del Transport: Integrada per 18 municipis (334,6 km²) i 2.819.867 habitants (Veure Figura 3.1). Va ser creada per gestionar el transport públic de la capital i els municipis més propers a aquesta.

Entitat del Medi Ambient: Integrada per 18 municipis (588 km²) i 3.161.812 habitants. (Veure Figura 3.1). S'encarregava de la gestió dels serveis hidràulics i el tractament de residus.

Mancomunitat de Municipis: Integrada per 31 municipis (492,6 km²) i 3.059.016 habitants. (Veure Figura 3.1). Gestionava les àrees en comú que afectaven a espais públics, infraestructures, equipaments, urbanisme i habitatge. [1]

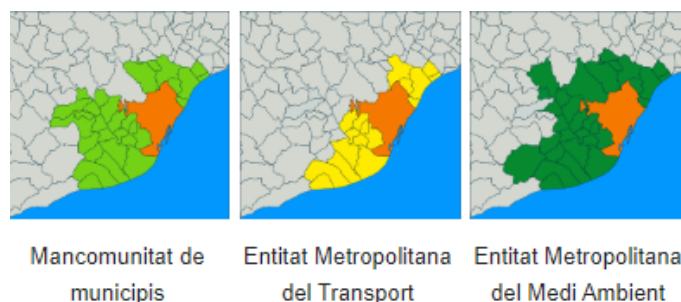


Figura 4.2 Mapa de les entitats anteriors a l'actual Àrea Metropolitana de Barcelona. [2]

L'AMB va substituir llavors les tres entitats vigents, d'acord amb la Llei 31/2010 aprovada el 27 de juliol de 2010 pel Parlament de Catalunya amb la voluntat de racionalitzar i simplificar la seva coordinació.[2]

Actualment l'AMB té competències en els àmbits de la cohesió social, planificació territorial i urbanisme, la mobilitat, el transport, la gestió de residus, l'abastiment d'aigua, la protecció del medi ambient, l'habitatge social, les infraestructures i la promoció econòmica del territori metropolità.

Taula 4.1 Extensió i població del municipis integrants de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (2018). [2]

<i>Ciutat</i>	<i>Comarca</i>	<i>Habitants</i>	<i>Àrea (km²)</i>
<i>Badalona</i>	Barcelonès	217.741	21,2
<i>Badia del Vallès</i>	Vallès Occidental	13.417	0,9
<i>Barberà del Vallès</i>	Vallès Occidental	32.839	8,3
<i>Barcelona</i>	Barcelonès	1.620.343	101,4
<i>Begues</i>	Baix Llobregat	6.961	50,4
<i>Castellbisbal</i>	Vallès Occidental	12.332	31
<i>Castelldefels</i>	Baix Llobregat	66.375	12,9
<i>Cerdanyola del Vallès</i>	Vallès Occidental	57.740	30,6
<i>Cervelló</i>	Baix Llobregat	8.970	24,1
<i>Corbera de Llobregat</i>	Baix Llobregat	14.643	18,4
<i>Cornellà de Llobregat</i>	Baix Llobregat	87.173	7
<i>El Papiol</i>	Baix Llobregat	4.103	9
<i>El Prat de Llobregat</i>	Baix Llobregat	64.132	31,4
<i>Esplugues de Llobregat</i>	Baix Llobregat	46.355	4,6
<i>Gavà</i>	Baix Llobregat	46.705	30,8
<i>La Palma de Cervelló</i>	Baix Llobregat	2.982	5,5
<i>L'Hospitalet de Llobregat</i>	Barcelonès	261.068	12,4
<i>Molins de Rei</i>	Baix Llobregat	25.687	15,9
<i>Montcada i Reixac</i>	Vallès Occidental	35.599	23,5
<i>Montgat</i>	Maresme	11.819	2,9
<i>Pallejà</i>	Baix Llobregat	11.486	8,3
<i>Ripollet</i>	Vallès Occidental	38.347	4,3
<i>Sant Adrià de Besòs</i>	Barcelonès	36.669	3,8
<i>Sant Andreu de la Barca</i>	Baix Llobregat	27.332	5,5
<i>Sant Boi de Llobregat</i>	Baix Llobregat	82.904	21,5
<i>Sant Climent de Llobregat</i>	Baix Llobregat	4.107	10,8
<i>Sant Cugat del Vallès</i>	Vallès Occidental	90.664	48,2
<i>Sant Feliu de Llobregat</i>	Baix Llobregat	44.474	11,8
<i>Sant Joan Despí</i>	Baix Llobregat	34.084	6,2
<i>Sant Just Desvern</i>	Baix Llobregat	17.494	7,8
<i>Sant Vicenç dels Horts</i>	Baix Llobregat	27.901	9,1
<i>Santa Coloma de Cervelló</i>	Baix Llobregat	8.179	7,5
<i>Santa Coloma de Gramenet</i>	Barcelonès	118.821	7
<i>Tiana</i>	Maresme	8.709	8
<i>Torrelles de Llobregat</i>	Baix Llobregat	5.945	13,6
<i>Viladecans</i>	Baix Llobregat	66.168	20,4
TOTAL		3.260.268	636

5 El vehicle elèctric

5.1 Història del vehicle elèctric a l'Àrea Metropolitana de Barcelona

El naixement de l'automòbil es remunta a l'any 1769 on aquests eren propulsats mitjançant màquines de vapor, però l'excessiu pes d'aquestes, limitava la seva aplicació en vehicles lleugers. Poc després, l'any 1806 es començaren a fabricar els primers cotxes propulsats amb motors de combustió interna, que inicialment cremaven gas, fins que l'any 1885 es perfeccionaren els cotxes amb motors que utilitzaven gasolina o gasoil com a combustible.

Ara bé, si ens fixéssim en una suposada Àrea Metropolitana de Barcelona de finals de segle XIX, podríem trobar que el primer vehicle elèctric a nivell nacional es va fabricar a la ciutat de Barcelona després que l'empresari i enginyer militar Emilio de la Cuadra visites l'Exposició Universal de París (una exposició tecnològica sobre els últims avanços de l'època). L'any 1889, fundà a Barcelona "La Compañía General Española de Cotxes Automóviles Emilio de la Cuadra", una empresa que pretenia construir automòbils propulsats amb energia elèctrica.

L'any 1899 va arribar a fabricar-ne un, però l'autonomia que permetia era tan sols de 5 km, aquest ha sigut el primer cotxe elèctric fabricat a l'Àrea Metropolitana i a l'estat espanyol. [3][4]

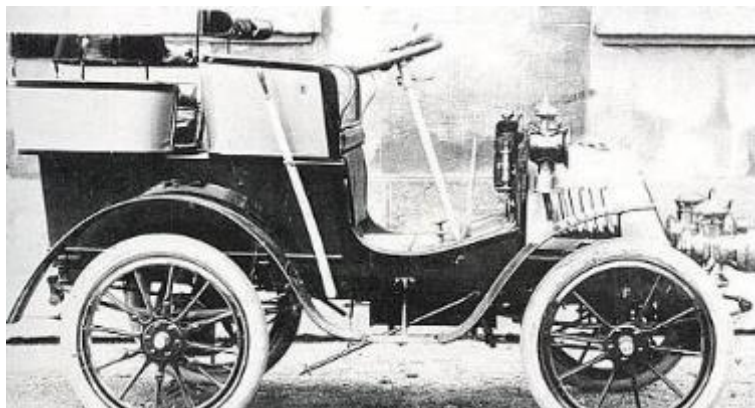


Figura 5.1 Fotografia del primer automòbil elèctric dissenyat i fabricat a Espanya per part de Emilio de la Cuadra l'any 1899.

[3]

En aquella època, la batalla entre els vehicles elèctrics i els vehicles de combustió interna semblava decantada cap als elèctrics, però la poca autonomia que proporcionaven aquests, i els avenços tecnològics en els vehicles de combustió interna, com la introducció de l'arrencada elèctrica de la marca Cadillac, la implantació del sistema de producció en cadena de Ford (1908), i el descobriment de grans reserves de petroli als Estats Units, van fer que els vehicles de combustió interna guanyessin la batalla contra els elèctrics.

A finals de 1930 l'indústria de l'automòbil elèctric va desaparèixer totalment, quedant relegada a aplicacions industrials molt concretes.

No va ser fins la dècada dels 90 que el cotxe elèctric no tornaria a primer pla (amb una quota de mercat encara lluny de la que va collir a principis del segle XX).

Aquesta nova inserció del cotxe elèctric va començar a 1990 a Califòrnia, on es va dur a terme la proposta de "vehicle d'emissió zero (ZEV)", que exigia que per 1998 almenys el 2% de les vendes a Califòrnia dels grans fabricants automobilístics havia de ser amb cotxes de zero emissions fins a una quota del 10% al 2003, encara que això va ser impossible degut a les dificultats d'implementar aquest tipus de vehicle al mercat.

Al 1996 General Motors va començar a fabricar el EV1 (el primer cotxe elèctric d'aquesta nova era), i fins a 2003, només en va fabricar 1.117 unitats, no obstant això, es pot dir que aquest fet va servir com a punt de partida, per a un futur boom del cotxe elèctric.



Figura 5.2 Fotografia del model EV1 comercialitzat per General Motors a Califòrnia.[5]

Posteriorment, amb l'arribada de Tesla i el posterior llançament del model S acompanyats pels supercarregadors, la mobilitat elèctrica va tornar a ser una realitat viable, encara que només per a l'elit, ja que els preus de mercat eren exorbitants (com a principis del segle XX).

Avui en dia, gairebé tots els fabricants d'automòbils tenen o aviat tindrà un cotxe elèctric entre els seus models. La raó no és altra que la política i la necessitat de complir amb els estàndards envers la contaminació establerts a Europa.

Totes les mesures ambientals proposades per la UE implicaran l'electrificació forçada dels models de les diferents marques automobilístiques, fet que estem veient ara mateix. Per tant, és obvi que el futur de la mobilitat i de la indústria d'automòbils passa per un gir cap als vehicles elèctrics.[6]

5.2 Tipus de vehicles elèctrics

Per poder analitzar la repercussió de la inserció dels vehicles elèctrics a l'Àrea Metropolitana cal estudiar quin tipus de vehicles elèctrics existeixen actualment, com funcionen, i quines són les seves diferències

5.2.1 El vehicle híbrid

El principal tret diferencial dels vehicles híbrids, és la utilització de motors i bateries elèctriques com a suport al motor de combustió interna, però aquestes no es poden recarregar connectant-se a la xarxa elèctrica.

Per tant els vehicles híbrids combinen dos motors, un de combustió interna i un altre elèctric alimentat mitjançant bateries. Aquestes bateries només permeten una conducció elèctrica a velocitats baixes o com a suport a l'acceleració.

Un motor elèctric és bidireccional, és a dir, pot convertir tant energia elèctrica en moviment per propulsar el cotxe, com recuperar aquest moviment (la inèrcia del vehicle) durant les frenades, convertint-lo en energia elèctrica que s'emmagatzema de nou a les bateries.

Els vehicles híbrids es poden classificar segons com treballi el motor elèctric: en sèrie, en paral·lel o de manera combinada amb el motor de combustió:

Al **sistema en paral·lel**, el motor tèrmic és la principal font d'energia, i en canvi, el motor elèctric només actua aportant més potència al sistema, és a dir, el motor elèctric ofereix la seva potència a la sortida i a l'acceleració, només quan el motor tèrmic consumeix més.

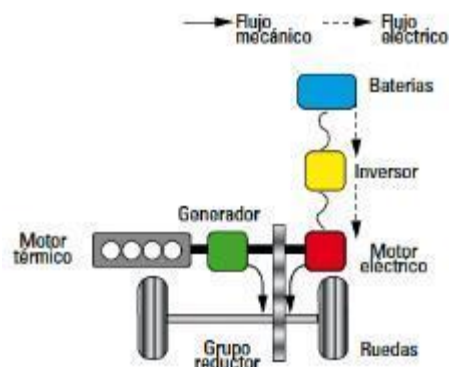


Figura 5.3 Esquema del funcionament d'un vehicle híbrid treballant en paral·lel. [7]

Al **sistema combinat**, el motor elèctric funciona en solitari a baixa velocitat, mentre que a alta velocitat, el motor tèrmic i l'elèctric treballen alhora, ja que ambdós motors tenen connexió mecànica amb les rodes.

El motor tèrmic integrat al vehicle combina tant les funcions de propulsar el vehicle, com d'alimentar el generador. Aquest generador proveeix d'electricitat al motor elèctric, ja que aprofita l'energia generada en excés pel motor tèrmic per recarregar les bateries del sistema elèctric.

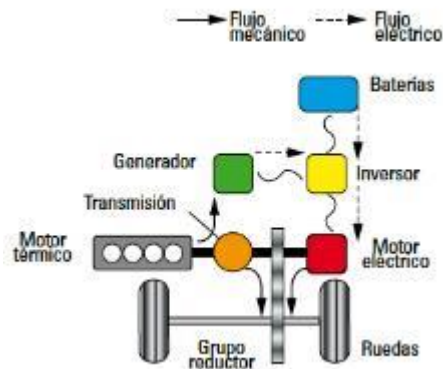


Figura 5.4 Esquema del funcionament d'un vehicle híbrid treballant amb un sistema mixt. [7]

Al **sistema en sèrie**, el vehicle s'impulsa exclusivament amb el motor elèctric, que obté l'energia d'un generador alimentat pel motor tèrmic que no té connexió mecànica amb les rodes. Quan la bateria s'omple per complet, el motor convencional es desconnecta temporalment.[8]

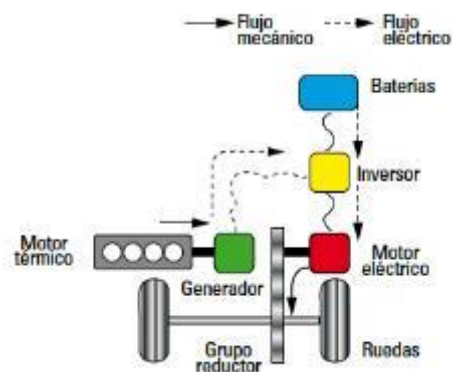


Figura 5.5 Esquema del funcionament d'un vehicle híbrid treballant en sèrie. [7]

5.2.2 El vehicle híbrid endollable

El vehicle híbrid endollable dona la possibilitat d'una conducció totalment elèctrica. El motor elèctric pot treballar en sèrie, en paral·lel o de manera combinada amb el motor de combustió, com també succeeix en els vehicles híbrids convencionals.

El principal tret diferencial d'aquest tipus de vehicles elèctrics, seria que presenten una capacitat major de les seves bateries elèctriques, les quals es poden recarregar endollant el vehicle a la xarxa elèctrica.

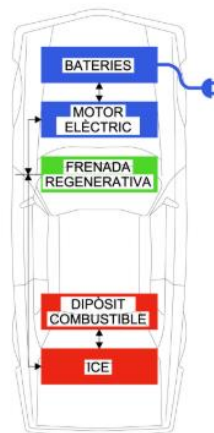


Figura 5.6 Esquema de funcionament d'un vehicle híbrid endollable. [9]

5.2.3 El vehicle híbrid d'autonomia estesa

En aquest tipus d'híbrid, la conducció és totalment elèctrica, és a dir, només el motor elèctric permet moure el vehicle. Per la seva banda, el motor de combustió produeix electricitat per alimentar el motor elèctric i les bateries.

D'altra banda, els híbrids d'autonomia estesa són endollables, per la qual cosa compten amb la possibilitat de recarregar la bateria a més de disposar del motor d'explosió, la qual cosa ens assegura una autonomia molt elevada, que pot rondar els 600 km.

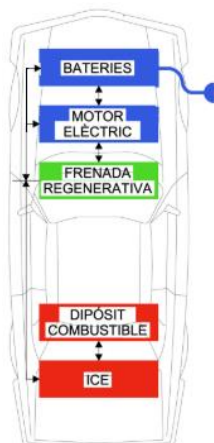


Figura 5.7 Esquema de funcionament d'un vehicle híbrid d'autonomia estesa. [9]

5.2.4 El vehicle elèctric pur

El vehicle elèctric pur és el principal tipus de vehicle elèctric que segons la seva potent evolució als últims anys i els grans avantatges que proporciona a nivell ambiental i consum d'energia, es preveu que obtindrà el predomini respecte els demés tipus de vehicles a les carreteres a nivell mundial, és per això que serà el tipus de vehicle en el qual s'enfocarà l'estudi.

Aquest tipus de vehicle no disposa de motors de combustió, sinó que permet una conducció totalment elèctrica propulsat per un o més motors elèctrics, que converteixen l'energia elèctrica en energia mecànica, que permetrà el moviment del vehicle.

La bateria es torna a recarregar mitjançant la connexió del vehicle a la xarxa elèctrica, o a través de sistemes de generació d'energia elèctrica autònoms, com poden ser, els sistemes de frenada regenerativa incorporats als vehicles, que permeten recuperar part de l'energia cinètica del vehicle per emmagatzemar-la a la bateria. [7] [10]

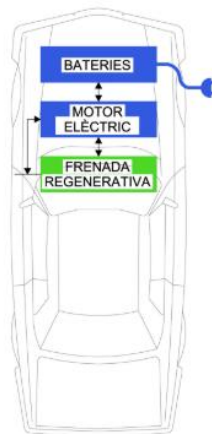


Figura 5.8 Esquema de funcionament d'un vehicle elèctric pur. [9]

5.2.4.1 Parts fonamentals del vehicle elèctric pur

Els vehicles elèctrics posseeixen alguns components diferents al vehicles convencionals, per això cal estudiar-ne alguns d'ells per poder saber quines són les principals diferències i com funcionen.

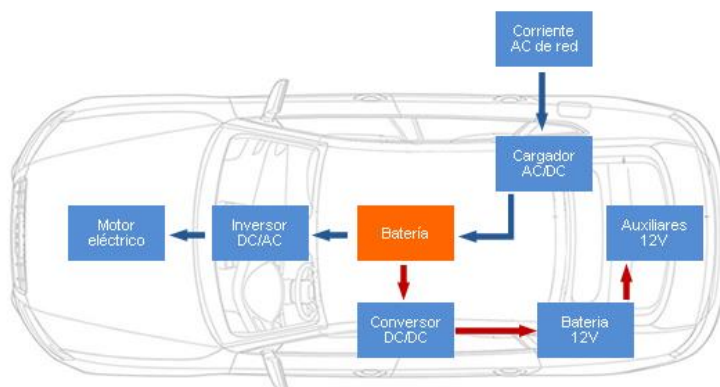


Figura 5.9 Parts principals d'un vehicle elèctric. [11]

El motor

El motor elèctric s'encarrega de transformar l'energia elèctrica en energia mecànica de rotació, que és la que mou el cotxe. El motor elèctric també és capaç de recuperar energia mitjançant el sistema de frenat regeneratiu.

El carregador

És l'element encarregat de rebre l'electricitat de la presa de corrent (endoll domèstic, Wallbox...), mitjançant el connector adequat pel mode de recàrrega que necessitem.

L'inversor

L'inversor és el component que s'encarrega d'extreure energia de les bateries i proporcionar-la al motor, segons la velocitat amb la que s'estigui conduint (el inversor només és necessari en el cas que el vehicle disposi d'un motor elèctric de corrent alterna).

Les bateries envien una certa tensió, constant, per aconseguir que el motor funcioni a la taxa de revolucions desitjat. En molts casos, el motor està alimentat per corrent alterna, monofàsic o trifàsic, cosa que implica, que aquesta electricitat no pugui ser proporcionada directament per les bateries.

Per tant l'inversor s'encarrega de transformar l'electricitat emmagatzemada en forma de corrent continu a les bateries, en corrent altern que el motor necessitarà per moure el vehicle.

D'altra banda, quan el vehicle elèctric realitza una frenada regenerativa el inversor transforma aquest corrent altern produït pel motor, en corrent continu que es torna a guardar a les bateries.

El convertidor

El convertidor transforma l'alta tensió del corrent continu que aporta la bateria principal, en baixa tensió de corrent continu. Aquest tipus de corrent s'utilitza per l'alimentació de les bateries auxiliars de 12 V, que a la seva vegada alimenten els components elèctrics auxiliars del vehicle.

La transmissió

La transmissió és la connexió entre el motor elèctric i les rodes del vehicle. En els vehicles elèctrics trobem una potència d'entrega constant en tota la gamma de velocitats, proporcionant parells de maniobra alts a velocitats de gir baixes i parells de maniobra reduïts a velocitats altes. És per això que un vehicle elèctric no necessita una caixa de canvis.

Les bateries

Les bateries són les encarregades d'emmagatzemar l'energia elèctrica que farà servir el motor. Han de ser capaces d'alimentar el motor durant una quantitat elevada de quilometres, amb la capacitat d'aguantar cicles de recarrega i descarrega continus, sense tenir un pes i volum excessius ni un manteniment elevat.

Les bateries són uns components que emmagatzemen energia elèctrica de manera química. Dos components separats (ànode i càtode) que quan es posen en contacte desencadenen una reacció química que allibera energia elèctrica. Aquests dos components poden ser diversos, per això segons quina parella de components tenim, parlarem d'un tipus de bateria o d'un altre (plom-àcid, liti, graf, ..). Aquesta reacció química ha de ser reversible, ja que la bateria s'ha de poder recarregar.

L'ànode i el càtode es com anomenem el component positiu i negatiu respectivament. L'ànode és la part on es produeix la reacció d'oxidació (pèrdua d'electrons) i el càtode és on es produeix la reacció de reducció (guany d'electrons). Aquests moviments d'electrons generaran l'electricitat que abastirà el motor, i en la direcció oposada es produirà la recàrrega de la bateria. [10]

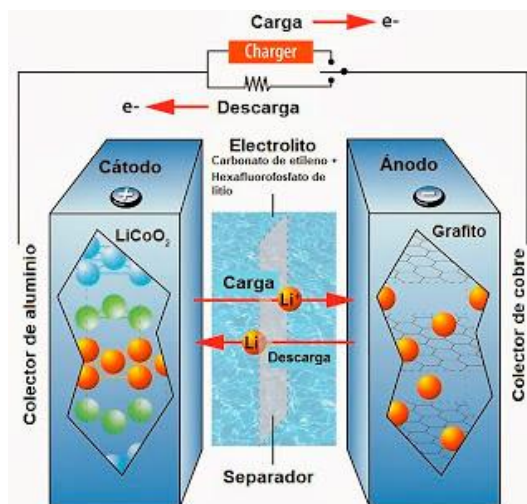


Figura 5.10 Funcionament d'una bateria elèctrica liti-grafit. [13]

6 TIPUS DE CONNECTORS

Per poder realitzar la recàrrega del nostre vehicle elèctric hem de saber quin tipus de connector utilitzar segons les necessitats o la potència que disposem en cada cas.

Per tant aquest apartat pretén donar una descripció sobre els tipus de connectors existents per poder realitzar les recàrregues dels vehicles elèctrics, tot distingint entre els diferents tipus de recàrrega.

6.1 Connector Schuko

El connector Schuko és el sistema d'endoll i presa de corrent més comú a Europa. Un endoll Schuko està format per dues clavilles cilíndriques, per als contactes de la fase i el neutre, més dos contactes plans en les parts superior i inferior dels laterals de l'endoll destinats per connectar la terra.

És compatible amb preses de corrent europees i suporta actualment fins a 16 A, encara que a la pràctica en la majoria d'instal·lacions la intensitat màxima que permet circular és de 10 A.

El trobem en la immensa majoria dels nostres electrodomèstics, encara que també és comú a l'hora de recarregar alguns patinets i bicicletes elèctriques, però no és adequat per la càrrega dels cotxes degut a la limitació de corrent, la manca de proteccions comunicació amb el vehicle. [15]

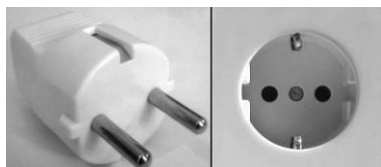


Figura 6.1 Sistema d'endoll i presa de corrent Schuko. [14]

6.2 Connector Tipus 1 (SAE J1772)

El connector tipus 1 (SAE J1772) també anomenat connector Yazaki pot operar a un corrent altern monofàsic de fins a 32 A, 250 V i una potència d'entre 3.7 y 7.4 kW, on el connector consta d'un total de 5 terminals: fase, neutral, terrestre, dos pins de comunicació amb el vehicle, i una protecció extra per al bloqueig del connector i evitar que un tercer pugui desconnectar-lo. [16]



Figura 6.2 Exemple d'un connector tipus 1. [12]

6.3 Connector tipus 2

Aquest connector es coneix comunament com "connector Mennekes", ja que va ser la primera marca en comercialitzar-les. Es tracta d'un connector alemany aprovat com el *connector estàndard europeu en la recàrrega de cotxes elèctrics*.

El connector tipus 2 abasta des de recàrregues monofàsiques a 16 A fins a trifàsiques de 63 A, amb una potència des de 3,7 kW a 44 kW respectivament. Aquest connector té 7 terminals, la seva distribució és similar al connector tipus 1, però s'incorporen 2 terminals extres que corresponen a les dues fases addicionals per a la càrrega trifàsica. Aquest dos forats més petits marcats amb l'acrònim PP (plug-in de proximitat) i CP (pilot de control), també existents al connector tipus 1.



Figura 6.3 Exemple de connector tipus 2. [17]

6.4 Connector tipus 3

Aquest tipus de connector va ser creat el 2010 per l'Aliança EV plug, però ha perdut la batalla amb el connector tipus 2, i avui dia cap vehicle al mercat està equipat amb aquest connector. Dins d'aquest model de connector podem destacar dues variants:

La variant 3A disposa de 5 terminals i està preparada per suportar càrregues monofàsiques a 16 A i 3,7 kW, i per una altra banda trobem *la variant 3C*, que disposa de 7 terminals i permet càrregues monofàsiques o trifàsics a 32 A i 22 kW. [14]



Figura 6.4 Exemple de connector tipus 3 variant 3A. [18]



Figura 6.5 Exemple de connector tipus 3 variant 3C. [18]

6.5 Connector CHAdeMO

És el connector estàndard dels fabricants japonesos. Es tracta d'un connector per a càrregues ràpides en corrent continu que pot proporcionar fins a 50 kW de potència amb una intensitat que pot arribar fins a 125 A.

Disposa de 10 terminals, terra i comunicació. Aquest connector també pot ser utilitzat per a recàrregues ultra ràpides, donant suport fins a 200 A. Té un diàmetre més gran en comparació amb els altres connectors.[22]



Figura 6.6 Exemple de connector CHAdeMO. [19]

6.6 Connector CCS (Combo, IEC-62196-3)

El connector CCS (*Combined Charging System*) o Combo, és un connector que permet recarregar el vehicle elèctric en corrent altern i també en corrent continu.

Com bé diu el seu nom es tracta d'un tipus de connector on es combinen diferents tipus de connectors, i podem distingir els següents tipus:

La primera variant és utilitzat majoritàriament a Amèrica del Nord, on es barreja el connector tipus 1 (SAE J1772) amb 2 terminals per on circula corrent DC per a les càrregues ràpides (mode 4), on es disposa de fins a 80 A.



Figura 6.7 Exemple de connector CCS1. [20]

La segona variant es tracta d'un connector combinat format per un connector d'AC tipus 2 i un connector DC de dos terminals, aquest connector CCS2 ofereix la possibilitat de recàrrega del vehicle en mode 3 (semi-ràpid) i mode 4 (ràpid). La potència màxima a la qual pot operar en AC és de 43 kW, i en DC pot operar amb una potència de fins a 100 kW (actualment només 50kW) en DC. Aquest tipus de connector és d'obligada instal·lació en qualsevol punt de recàrrega ràpida a Europa. [21][22]



Figura 6.8 Exemple de connector CCS2. [23]

7 Modes de recàrrega

La recàrrega del nostre vehicle elèctric la podrem realitzar de diverses formes que també repercutiran..

Actualment la forma de recàrrega del vehicle elèctric es pot classificar segons:

- La potència i la intensitat exigides i per tant el temps de recàrrega que proporcionen.
- La quantitat d'informació que intercanvien amb el vehicle.
- El connector físic utilitzat pel vehicle.

Podríem dir que existeixen cinc formes de recàrrega elèctrica:

7.1 Mode 1

El mode de recàrrega 1 es realitza mitjançant un endoll clàssic domèstic (endoll SCHUKO), per tant es realitza amb corrent alterna. Aquest sistema és el més senzill dels modes de recàrrega, ja que només consisteix en portar un cable de l'endoll alimentat a 230 V fins el nostre vehicle.

Aquest mode de càrrega està reservat per a la càrrega de vehicles de mida reduïda i capacitats de bateria limitades, com en el cas de les bicicletes elèctriques de baix consum energètic o patinets elèctrics. El connector no inclou seguretat i per tant, no és recomanable per a recarregar cotxes o motos de major potència.

La intensitat màxima de càrrega d'aquest endoll "Schuko" és de 16 ampers, encara que el màxim corrent recomanat per aquesta mena de recàrregues llargues és de 10A (2,3 kW), perquè no es disposa d'una base de recàrrega amb proteccions i una instal·lació elèctrica adequada.

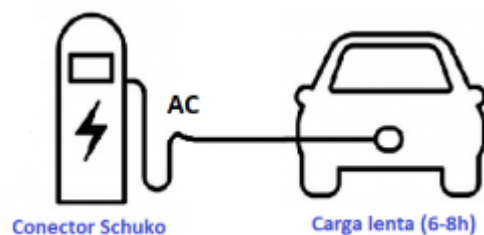


Figura 7.1 Esquema mode de recàrrega 1. [24]

Per a la recàrrega de patinets o bicicletes elèctriques necessitarem un carregador especial per tal de transformar la corrent alterna de la xarxa a corrent continua per poder recarregar la bateria, aquest tipus de carregadors permeten circular una intensitat limitada augmentant així el temps de recàrrega de manera considerable.



Figura 7.2 Exemple de carregador per a patinets i bicicletes elèctriques. [25]

7.2 Mode 2

La modalitat de recàrrega 2 correspon a la recàrrega lenta, aquesta està destinada sobretot a una recàrrega domèstica en el nostre propi garatge, ja que la connexió a la xarxa es realitza amb connectors de baixa tensió de tipus Schuko (16 A en fase monofàsica a 230V) i exigint una potència de 3,7 kW, i per tant, necessita una quantitat de temps considerable per realitzar-la.



Figura 7.3 Esquema del mode de recàrrega 2. [24]

Es distingeix del mode de recàrrega 1 perquè la connexió entre el vehicle elèctric i la xarxa no és directa. Al mode 2 de recàrrega es disposa d'un dispositiu electrònic intermediari amb funció de pilot de control i també de diferents proteccions, és a dir, ens trobem una petita caixa al seu centre que actua com a comunicador entre el cotxe i la terra, que obre o tanca el flux elèctric i permet fixar alguns paràmetres de recàrrega. [26]



Figura 7.4 Exemple de dispositiu Schuko amb el sistema de control per poder realitzar la recàrrega en mode 2. [30]

7.3 Mode 3

El mode de càrrega 3 correspon a la càrrega semi-ràpida, aquest mode de càrrega requereix una caixa de paret, també anomenada Wallbox o una caixa ancorada a terra, tots dos són punts de recàrrega destinats exclusivament a recarregar vehicles elèctrics. [27]



Figura 7.5 Exemple d'un punt de recàrrega equipat amb un Wallbox. [30]

D'acord amb la llei espanyola (ITC-BT 52) aquest mode de recàrrega és obligatori per als punts d'ús públic de recàrrega (normalment es complementari al mode 4).[26]

El mode de recàrrega 3 permet tant una recàrrega monofàsica com una recàrrega trifàsica:

Per a la recàrrega semi-ràpida amb corrent monofàsic a 230V i 32A, la potència exigida pel vehicle és de 7,4 kW. Aquest tipus permet una recàrrega més ràpida que la recàrrega lenta sense necessitat d'instal·lació trifàsica.

Per a la recàrrega semi-ràpida amb corrent trifàsic, les habituals intensitats van des dels 16 A amb una tensió de 400 V (exigint una potència d' 11 kW) fins als 32 A amb un voltatge de 400 V (amb un potència exigida de 22 kW).

Progressivament, aquest mode 3 està deixant enrere al mode 2. Això es deu a l'avanç tecnològic en la potència i capacitat de les bateries dels cotxes elèctrics, lo que implica una necessitat d'un mode de càrrega més segur, fiable i ràpid.

El mode 3 de recàrrega es realitza mitjançant un carregador específic per a la recàrrega de vehicles elèctrics, que ha d'incorporar proteccions a la infraestructura de càrrega i un connector específic (tipus 1 o tipus 2) que permet una sèrie de funcions addicionals, com la verificació permanent de la connexió, la comprovació de connexions correctes, l'activació i desactivació de càrrega, així com la possibilitat de seleccionar una potència en funció de les preferències de l'usuari o de les necessitats específiques del vehicle. [28]



Figura 7.6 Esquema del mode de recàrrega 3. [24]

7.3.1 Wallbox

Wallbox és un carregador de vehicles elèctrics de càrrega semi-ràpid que pot arribar a 22 kW. Una solució idònia per a la recàrrega de vehicles elèctrics en garatges privats (habitatges unifamiliars i places d'aparcament comunitari) i també en empreses. Depenent del model de producte, es pot realitzar una càrrega trifàsica o monofàsica, ambdues emmarcades en el mode de recàrrega 3, on el Wallbox disposa d'un carregador AC amb sortida de tipus 1 (SAE J1772) o tipus 2 (IEC 62196, "Mennekes").



Figura 7.7 Exemple típic d'un Wallbox (Marca: WallboxOK). [30]

El Wallbox també és anomenat Sistema d'Alimentació del Vehicle Elèctric (SAVE), es conforma per un conjunt d'equips instal·lats per poder subministrar electricitat per a la recàrrega d'un vehicle elèctric, dins d'aquest sistema s'inclouen les proteccions del punt de recàrrega, el cable de connexió amb la fase, conductors neutres i de protecció, i base de potència, a més del connector.[29]

Aquest sistema, permet la comunicació entre el vehicle elèctric i la instal·lació fixa que ens permet controlar la velocitat de recàrrega en tot moment mitjançant una pantalla, modificant la intensitat (des de 16 amperis fins a 20/32A depenent del model) de cada recàrrega abans i durant el procés. [30]

7.4 Mode 4

El mode de recàrrega 4 correspon a la recàrrega ràpida, aquest mode ja no es realitza en corrent altern com és el cas dels modes 1, 2 i 3, en aquest cas, la recàrrega es realitza en corrent continu, amb unes potències que poden anar des de 22 kW fins als 50 kW i és possible treballar amb una intensitat de fins a 400 A.

Els punts de recàrrega que permeten una càrrega tipus 4, en qualsevol cas, no estan dissenyats ni recomanats per a garatges privats. Això es deu principalment al seu elevat cost tant de producte com d'instal·lació. Aquest mode de recàrrega es realitza en estacions de recàrrega ràpida amb connectors CHAdeMO, Combo 2 (CCS) i Mennekes.



Figura 7.8 Exemple de punt de recàrrega ràpida amb connectors CCS, CHAdeMO i Mennekes. [21]

Com el mode de recàrrega 3, el mode 4 inclou també les proteccions necessàries en la infraestructura. També inclou les funcions de comunicació addicionals del mode 3: comprovació permanent de la terra, comprovació correcta de la connexió, activació de recàrrega i desactivació, així com la possibilitat de seleccionar una potència de recàrrega en funció de les preferències de l'usuari o necessitats específiques del vehicle. [33]

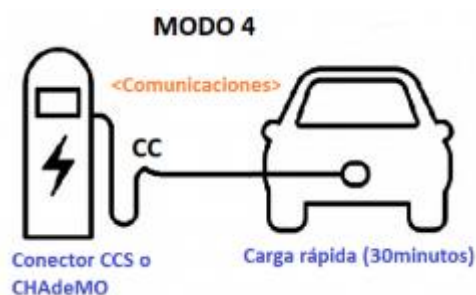


Figura 7.9 Esquema del mode de recàrrega 4. [24]

Resumint, podem realitzar una relació entre els modes de recàrrega i el connector necessari que permeti realitzar-les:

Taula 7.1 Relació entre el mode de recàrrega i el tipus de connector. [31]

<i>Mode de recàrrega</i>	<i>Potència (kW)</i>	<i>Connector necessari</i>
<i>Mode 1 (molt lenta)</i>	< 3,7	Schuko
<i>Mode 2 (lenta)</i>	3,7	Schuko
<i>Mode 3 (semi ràpida)</i>	Des de 7 fins a 22	Mennekes i Tipus 1 (SAE J1772)
<i>Mode 4 (ràpida)</i>	50	CHAdEMO, CCS2 i Mennekes

7.5 Recàrrega ultra ràpida

Més que una realitat, aquest tipus de càrrega encara està en fase experimental. Aquest tipus de recàrrega està pensada per a vehicles elèctrics amb acumuladors de tipus supercondensadors, com pot ser el cas en alguns autobusos elèctrics.

Per exemple, EFACEC ja està investigant aquesta tecnologia de càrrega d'alta potència i càrrega ultra ràpida i s'ha firmat un acord històric entre el grup Volkswagen, amb Audi i Porsche, juntament amb el grup BMW, Daimler AG i Ford Motor Company, per crear la xarxa de recàrrega de vehicles elèctrics més potent d'Europa.

Amb aquesta xarxa es vol facilitar la implantació del vehicle elèctric a Europa i, per tant, tot això es basarà en la tecnologia estàndard del sistema de càrrega combinat (CCS). La infraestructura per aquest mode de recàrrega millorarà la capacitat de recàrrega ràpida en corrent contínua que podria arribar fins als 350 kW.[32]



Figura 7.10 Exemple d'un punt de recàrrega ultra ràpida. [32]

Actualment no hi ha cap punt de recàrrega ultra-ràpid a l'àrea metropolitana per a vehicles privats. No obstant, si existeix per a la recàrrega d'autobusos urbans, en aquest cas el sistema de càrrega ultra ràpid es realitza mitjançant pantògrafs o carregadors d'inducció.

Aquest sistema està dissenyat per recarregar els autobusos elèctrics en corrent continua a 500 VDC i en corrent alterna a 400 VAC, en un temps de 5 a 10 minuts. El carregador de pantògraf està situat en un pilar de cinc metres d'alçada, com una làmpada de carrer situat a les parades de la línia. La recàrrega es realitza quan el pantògraf es desplega cap a l'autobús. [34][35]



Figura 7.11 Punt de càrrega amb pantògraf per autobusos elèctrics. [35]

8 TEMPS DE RECÀRREGA

El temps de recàrrega ens proporciona dades com la potència que requerirem per poder omplir d'electricitat la bateria del nostre vehicle, i per tant es una dada important a tenir en compte.

El temps de recàrrega necessari per tenir el nostre vehicle elèctric completament recarregat ve condicionat fonamentalment, tant pel mode de recàrrega com pel connector que utilitzem. A l'Equació 8.1 podem observar com amb un simple càlcul podríem determinar la durada de la recàrrega.

$$\text{Temps recàrrega} = \text{Capacitat vehicle elèctric} \times \text{Potència del punt de recàrrega}$$

Equació 8.1 Càlcul del temps de recàrrega d'un vehicle elèctric. Font pròpia

On:

Temps de recàrrega	<i>Temps que el vehicle elèctric estarà connectat a la xarxa (hores)</i>
Capacitat vehicle elèctric	<i>Capacitat que tenen les bateries per emmagatzemar electricitat (kWh)</i>
Potència punt de recàrrega	<i>Potència que proporciona el punt de recàrrega (kW)</i>

8.1 Mode 1

Aquest mode de càrrega només es recomanable per recarregar patinets o bicicletes elèctriques, per les poques proteccions que ofereix i la nul·la comunicació amb el vehicle. En aquest cas necessitarem un carregador especial per tal de transformar la corrent alterna de la xarxa domèstica a corrent continua per poder recarregar la bateria d'aquests vehicles. A la

Figura 8.1 trobem la relació entre el temps de càrrega en funció de la capacitat que tenen aquestes bateries.

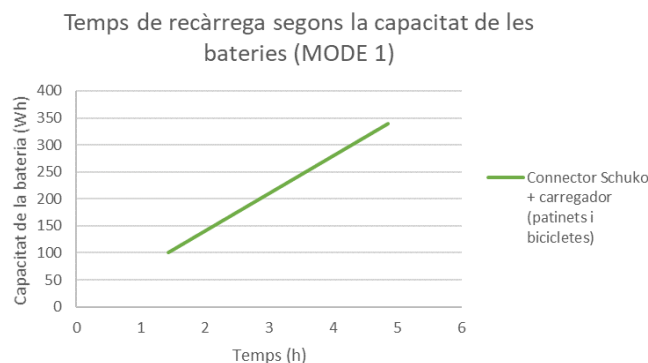


Figura 8.1 Temps de recàrrega pel Mode 1. Font pròpia

Com a referència pel càlcul del temps necessari per la recàrrega de patinets i bicicletes s'ha utilitzat el model de patinet elèctric Xiaomi Scooter Black. [36][37]

8.2 Mode 2

Aquest mode de recàrrega 16 A es realitza en fase monofàsica de corrent altern a 230V i a una potència màxima de 3,7 kW (connector Schuko).

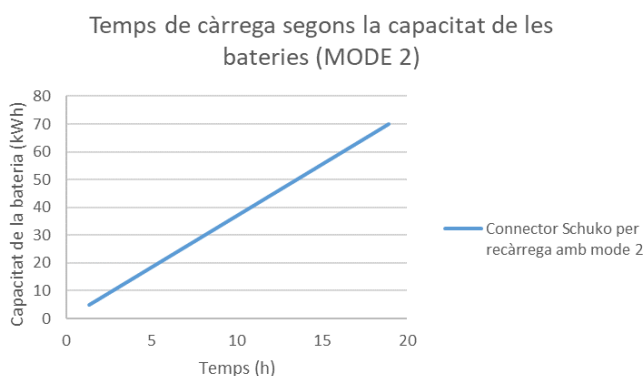


Figura 8.2 Temps de recàrrega pel Mode 2. Font pròpia

8.3 Mode 3

Aquest mode de recàrrega pot realitzar-se de diverses maneres:

- Per a la càrrega semi-ràpida amb corrent monofàsic a 230V i 32A, la potència exigida pel vehicle és de 7,4 kW (Connector Tipus 1 (SAE J1772)).
- Per a la càrrega semi-ràpida amb corrent trifàsic, les habituals intensitats són 16 A amb 400 V (exigint una potència d' 11 kW) i 32 A amb 400 V (amb un potència exigida de 22 kW), ambdós utilitzen el connector tipus 2 (Mennekes).

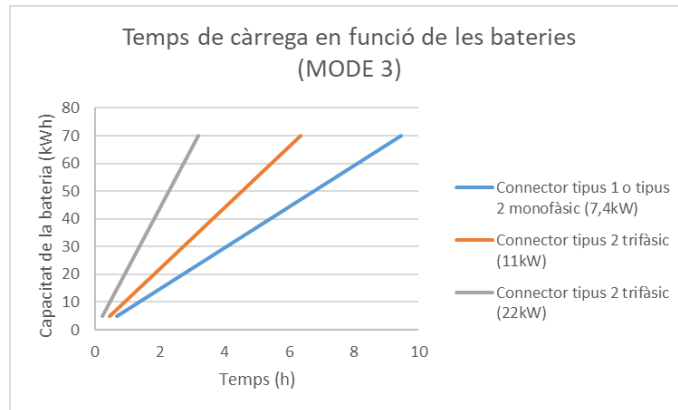


Figura 8.3 Temps de recàrrega pel Mode 3. Font pròpia

8.4 Mode 4

Aquest mode de recàrrega es realitza en corrent continu, amb unes potències que poden anar des de 22 kW fins als 50 kW i que fan possible treballar amb una intensitat de fins a 400 A.

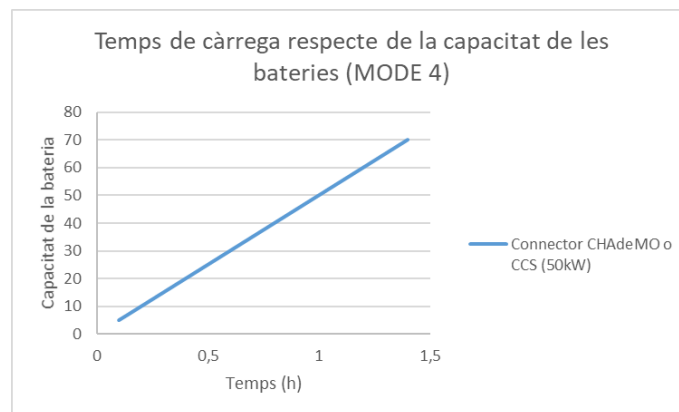


Figura 8.4 Temps de recàrrega pel Mode 4. Font pròpia

9 Parc de vehicles a l'Àrea Metropolitana l'any 2017

Per poder analitzar la capacitat de l'Àrea Metropolitana per l'alimentació del vehicle elèctric en diversos escenaris, primer cal estudiar el parc real de vehicles existents a l'Àrea Metropolitana, per poder així analitzar quina repercussió tindrà en els diversos àmbits a estudi l'increment del percentatge de vehicles elèctrics respecte del total.

L'any 2017 el parc de vehicles a l'Àrea Metropolitana de Barcelona estava compost per 1.937.572 vehicles i tenia la distribució que es mostra a la Figura 9.1, on el percentatge de vehicles elèctrics respecte del total era quasi insignificant (0,23%).

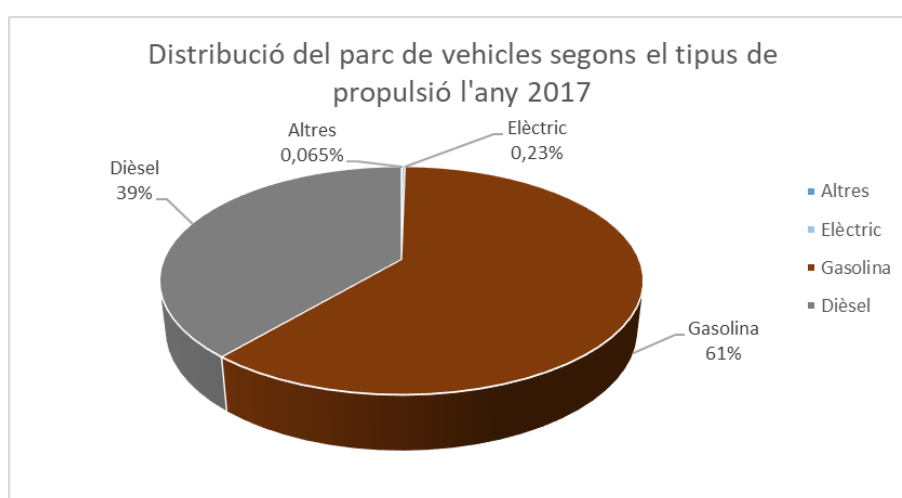


Figura 9.1 Gràfic de la distribució del parc de vehicle de l'AMB segons la seva propulsió l'any 2017. Font pròpia

Per poder començar l'estudi caldrà aprofundir en la distribució del parcs de vehicles segons els tipus de propulsió, el tipus de vehicles que el componen i la seva antiguitat, per poder estimar i comparar els resultats al estudiar els diversos escenaris.

9.1 Parc de vehicles gasolina-dièsel

L'any 2017 el 99,7% del parc de vehicles a estudiar a l'Àrea Metropolitana es propulsaven mitjançant un motor de combustió alimentat amb gasolina (amb un total de 1.181.619 vehicles) o dièsel (amb un total de 751.493 vehicles).

Aquests parcs de vehicles dièsel i gasolina es poden subdividir també segons el tipus de vehicle com es pot observar a la Figura 9.2 i a la Figura 9.3, d'aquesta manera podem tenir una visió més àmplia de quin tipus de vehicle té més pes en cada carburant.

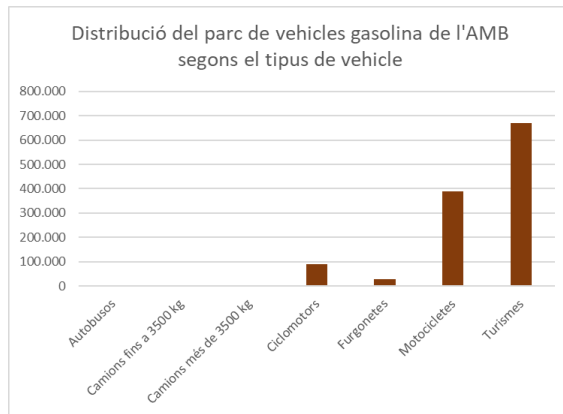


Figura 9.2 Gràfic de la distribució segons el tipus de vehicle del parc de vehicles propulsats mitjançant dièsel a l'AMB. Font pròpia

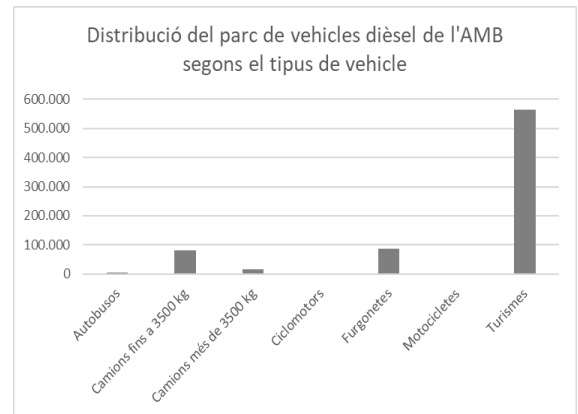


Figura 9.3 Gràfic de la distribució segons el tipus de vehicle del parc de vehicles propulsats mitjançant gasolina a l'AMB. Font pròpia

Com s'observa, el tipus de vehicle predominant a les carreteres de l'Àrea Metropolitana són els turismes, per tant seran el principal focus a tenir en compte a l'hora d'analitzar les capacitats que es necessitaran per abastir un nou parc de vehicles elèctric.

9.2 Parc de vehicles elèctrics

El parc de vehicles elèctrics existent a l'Àrea Metropolitana l'any 2017 era de 4.460 (un 0,23% del total), que també es pot distribuir segons els tipus de vehicles que el conformen com podem observar a la Figura 9.4.

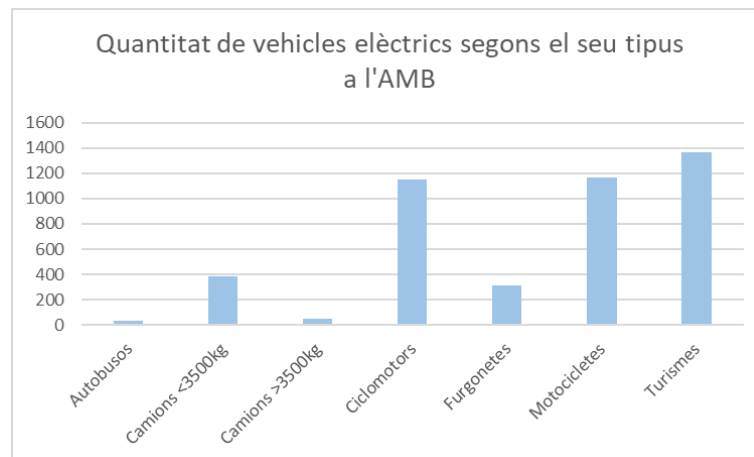


Figura 9.4 Gràfic de la classificació del parc de vehicles real a l'AMB l'any 2017 segons el seu tipus. Font pròpia

Com s'observa, el parc de vehicles segons la seva tipologia mostra una distribució bastant semblant al parc de vehicles dièsel i gasolina, sent igualment els turismes els vehicles predominants, però en aquest cas els ciclomotors i les motocicletes tenen un pes molt més important dins d'aquest parc, cosa que no succeeix en els parcs anteriors, això segurament és degut a que aquests tipus de vehicles tenen un preu més reduït que no pas el preu dels automòbils elèctrics més grans.

9.3 Transport públic elèctric a l'Àrea Metropolitana

Dins la flota del transport públic a l'Àrea Metropolitana cada cop té més pes la inserció dels vehicles elèctrics, evolucionant d'una manera més ràpida que el parc de vehicles global, degut a iniciatives municipals per tal d'eliminar les flotes municipals contaminants de les carreteres.

En especial l'Ajuntament de la ciutat de Barcelona (on actualment el 50% de la flota municipal és elèctrica) estableix una estratègia per l'evolució cap una flota completament elèctrica l'any 2030, per això preveu arribar al 80% de la flota municipal elèctrica (això implicaria 100 autobusos, 800 taxis, 24000 turismes i 24000 motocicletes elèctriques) l'any 2025 (Figura 9.5).

Per aconseguir aquests objectius es potenciaran diverses mesures vinculades al marc regulatiu i a les polítiques públiques; a les flotes i la seva transformació industrial; a la gestió de la infraestructura de recàrrega i a les accions de comunicació i sensibilització especial.

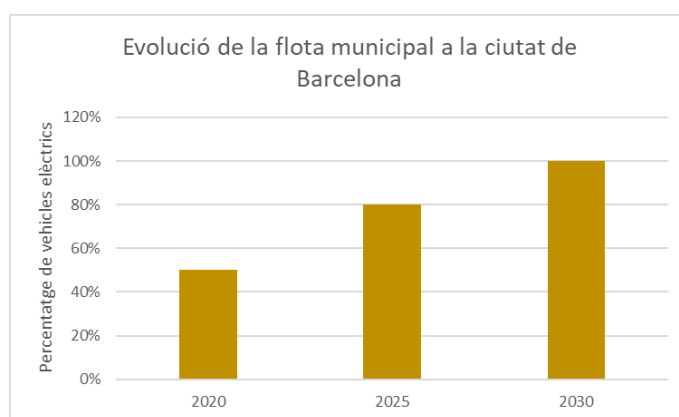


Figura 9.5 Futura evolució de la flota municipal barcelonina proposta per l'Ajuntament. [40]

Aquests fets tindran conseqüències en diferents àmbits, ja sigui en l'augment del consum d'energia elèctrica o bé en una possible millora en l'impacte ambiental que provocarà una flota de transport públic més electrificada. Aquestes mesures proposades per l'Ajuntament de Barcelona, no farien més que potenciar els objectius marcats sobre la reducció d'emissions establerts per la UE, a més d'incrementar el parc de vehicles elèctrics en un futur proper.

9.4 Evolució del parc de vehicles a l'Àrea Metropolitana

Si observem el parc de vehicles matriculats a l'Àrea Metropolitana de Barcelona, constatem que ha anat patint una variació al llarg del anys com s'observa a la Figura 9.6, aquesta variació ha anat seguint un creixement tendencial, encara que no del tot lineal, això és degut a sobretot a que la quantitat de vehicles existent a l'Àrea Metropolitana de Barcelona va lligada a factors socioeconòmics, i aquests no

han estat de tot lineals al llarg dels anys, com ho demostra el fet que durant els anys de l'última crisi econòmica (2009-2014) s'observa una davallada dels vehicles censats.

Entre els factors socioeconòmics més importants que influeixen en l'evolució de la quantitat de vehicles censats a l'Àrea Metropolitana, poden trobar el PIB d'aquesta regió demogràfica, el PIB per càpita de la població, o també podria tenir un pes important, segons diversos estudis, l'evolució de la població total de la zona d'estudi.

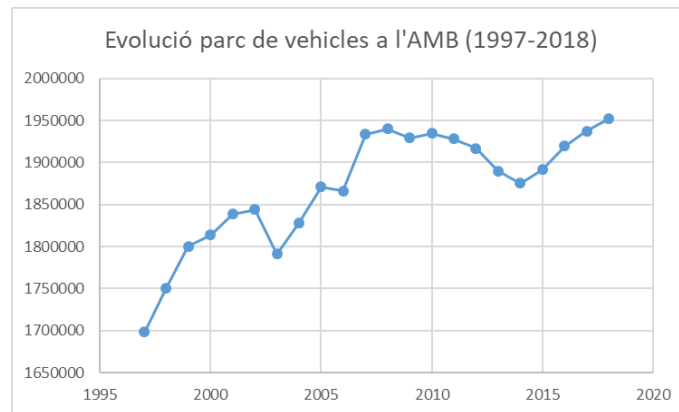


Figura 9.6 Gràfic de l'evolució del parc de vehicles total a l'AMB des de l'any 1997 fins l'any 2018. [39]

Si estudiem amb deteniment aquesta evolució entre els anys 1997 i 2018, observem que el parc de vehicles a l'Àrea Metropolitana ha crescut un 5,8%, seguint una evolució creixent, i en la qual encara no es troben símptomes d'estancament.

Dins d'aquesta evolució del parc de vehicles total, podem desglossar els diversos tipus de propulsió existents, per així, poder estudiar en deteniment l'evolució del parc elèctric als últims anys, i així preveure la futura evolució d'aquest parc i comprovar si encaixa amb les suposicions fetes durant la simulació dels diferents escenaris.

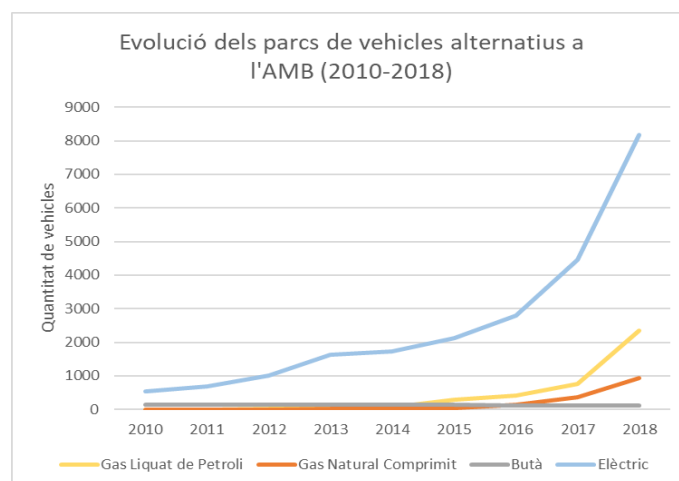


Figura 9.7 Gràfic de l'evolució del parc de vehicles elèctric a l'AMB des de l'any 2010 fins l'any 2018. [38]

A la Figura 9.7, es pot observar clarament, tot i que encara estem parlant en xifres molt reduïdes, una clara progressió del parc de vehicles elèctric. Es comencen a percebre símptomes d'una futura progressió molt important en un futur no gaire llunyà. Aquesta evolució és deguda a la potenciació del vehicle elèctric que s'està publicitat per part de les administracions públiques mitjançant campanyes de conscienciació i ajudes econòmiques.

Tot i que també s'observa un creixement d'altres tipus de propulsió alternatius, es troben molt per sota de l'evolució del parc de vehicles elèctric, per tant no es considera que aquests vehicles puguin guanyar-li terreny als vehicles elèctrics en un futur.

Només s'han tingut en compte els valors de vehicles elèctrics superiors a 500 unitats, per tal de poder tenir una millor evolució d'aquest parc de vehicles i evitar dades que difereixin de la progressió actual i no siguin significatives.

10 Escenaris a estudi

Durant l'estudi de la capacitat de l'Àrea Metropolitana a la incorporació del vehicle elèctric, realitzaré l'estudi en 4 escenaris diferents, on en cada escenari els vehicles elèctrics aniran obtenint un major pes respecte del parc total de vehicles per poder analitzar quines deficiències i quines possibles conseqüències podria tenir aquesta incorporació a l'àmbit metropolità si no es prenguessin les mesures oportunes.

Primerament, es presentaran uns escenaris amb un 5% i un 15% de vehicles elèctrics respecte del parc total, per poder reflectir l'impacte de la imminent inserció dels vehicles elèctrics a l'AMB. Aquesta situació correspondrà a una situació molt propera, que podria succeir ens els pròxims anys.

També és simularà uns possibles escenaris futurs més llunyans, com poden ser uns parcs de vehicles amb un 50% i un 100% de vehicles elèctrics. Segurament aquests escenaris trigaran una mica més en arribar a ser reals, però cal tenir-los presents per tal d'anar adaptant-nos progressivament a aquests objectius i no patir un fort impacte quant aquests escenaris siguin reals.

Per analitzar els diferents escenaris no es tindran en compte els tipus de propulsió diferents al elèctric, la gasolina i el dièsel, ja que representen un percentatge insignificant dins del parc de vehicles total, i a més es mantindrà constant la quantitat de vehicles que existia l'any 2017 a l'Àrea Metropolitana (1.937.572 vehicles)

A part, per establir els percentatges dels vehicles dièsel i gasolina als diferents escenaris, primer es calcularà el total de vehicles elèctrics segons l'escenari a estudi, i després es reduiran els altres dos parcs de vehicles de manera equitativa tenint en compte els percentatges que representaven l'any 2017, és a dir, si no tinguéssim en compte el parc de vehicles elèctric existent, es podria observar com els vehicles dièsel ostentaven el 39%, i en canvi, els vehicles de gasolina retenien el 61% del total de parc de vehicles, per tant aquesta distribució es mantindrà constant al llarg dels diferents escenaris a estudi, al marge del percentatge de vehicles elèctric.

10.1 Escenari 1

Per començar es realitzarà un estudi on els vehicles elèctrics ocupin un 5% del parc vehicular total metropolità (Figura 10.1) , aquesta situació reflectiria un possible escenari de futur més pròxim, i per tant l'Àrea Metropolitana de Barcelona ja hauria d'estar preparada per poder sostenir-lo.

Aquest escenari és ja real a molts països de la UE, per tant és una situació que hauria de presentar-se segurament en la dècada que ara comencem, com també indiquen alguns estudis realitzats per la

CESVIMAP on indiquen que entre un 5% i un 7% del total de vehicle al nostre país podria arribar a ser elèctric a l'any 2025.

Aquest escenari no representaria un gran canvi en comparació amb la situació actual, tot i que si podríem trobar una possible davallada de les emissions produïdes pels vehicles convencionals, cosa que ens donaria una idea sobre la possible reducció d'emissions als pròxims escenaris.

Aquestes dades ens mostrarien un gran increment de vehicles elèctrics en un transcurs de temps molt reduït, ja que l'any 2017 només el 0,23% del parc total de vehicles estudiat era elèctric, això ens indica un augment de 92.419 vehicles elèctrics respecte al parc real l'any 2017.

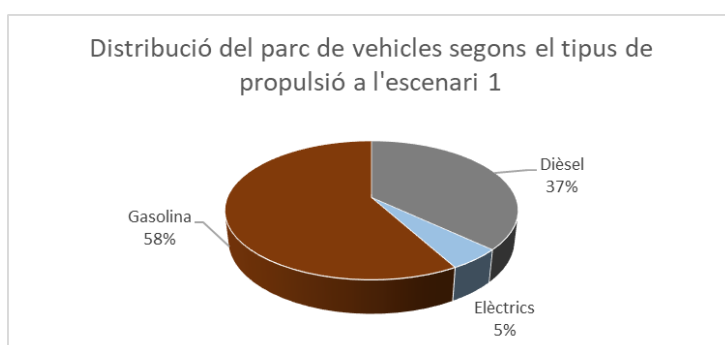


Figura 10.1 Gràfic sobre la quantitat de vehicles segons la seva propulsió a l'escenari 1 (5% de vehicles elèctrics). Font pròpia

Amb un 5% de vehicles elèctrics s'obtidria un total de 96879 vehicles elèctrics, lo que suposaria un descens dels demés tipus de propulsió fins un 37% de vehicles dièsel (amb un total de 715.565 vehicles) i un 58% de vehicles gasolina (lo que suposaria un total de 1.125.128 vehicles).

A l'escenari 1 trobarem la distribució del parc de vehicles segons el seu tipus presentada a la Figura 10.2, això també ens donarà informació important per poder estudiar el consum energètic d'aquest escenari o les infraestructures necessàries que farien falta implementar.

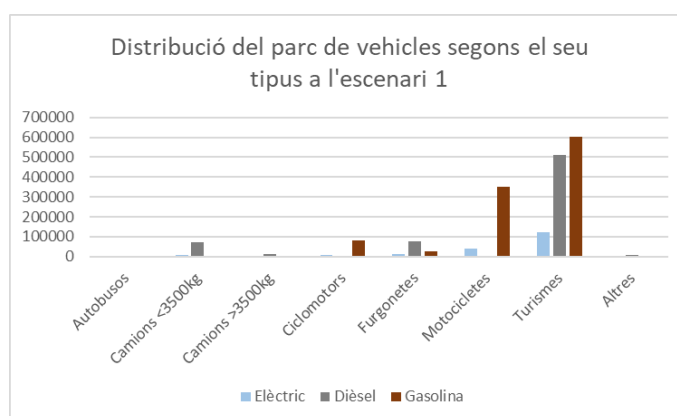


Figura 10.2 Gràfic sobre la distribució del parc de vehicles segons el seu tipus a l'Escenari 1 (5% vehicles elèctrics). Font pròpia

10.2 Escenari 2

En el segon escenari es realitzarà un estudi on els vehicles elèctrics ocupin un 15% del parc vehicular total metropolità (Figura 10.3), aquest escenari es podria correspondre a un futur igualment proper, per això les conclusions obtingudes en aquest escenari hauria de reflectir que l'Àrea Metropolitana presenta símptomes de poder tenir la capacitat suficient per sostenir aquest nou parc de vehicles en un futur molt pròxim.

Aquest escenari podria ser factible a l'any 2030, any on alguns estudis com el "Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030" reflecteix com un 16% del parc de vehicles hauria de ser elèctric, per tal de poder arribar a l'objectiu d'un parc de emissions ZERO a l'any 2050 (un parc d'emissions 0 es basa en vehicles 100% elèctrics, vehicles elèctrics d'autonomia estesa, vehicles propulsats amb hidrogen i híbrids endollables amb un rang superior a 40 km d'autonomia).

L'Àrea Metropolitana en aquest escenari hauria de presentar una infraestructura pública per possibilitar la recàrrega dels vehicles elèctrics bastant avançada, a més, quasi la meitat de la fabricació de l'indústria automobilística hauria d'estar destinada a la producció de vehicles elèctrics.

Això significaria una molt ràpida conversió de la indústria actual i del parc urbà al progrés tan exponencial dels vehicles elèctrics. Per això aquests canvis segurament necessitaran d'unes inversions molt elevades.

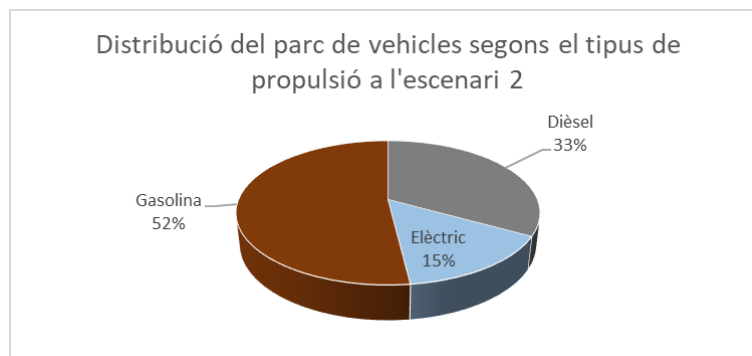


Figura 10.3 Distribució del parc de vehicles a l'AMB segons la seva propulsió a l'escenari 2 (15% de vehicles elèctrics).

Font pròpia.

Amb un 15% de vehicles elèctrics obtindríem un total de 290.636 vehicles elèctrics, lo que suposaria un descens dels demás tipus de propulsió obtenint un 33% de vehicles dièsel (suposaria un total de 640.243 vehicles) i un 52% de vehicles gasolina (lo que suposaria un total de 1.006.693 vehicles).

A l'escenari 2 trobarem la distribució del parc de vehicles segons el seu tipus presentada al Figura 10.4, això també ens donarà informació important per poder estudiar el consum energètic d'aquest escenari o les infraestructures necessàries que farà falta implementar.

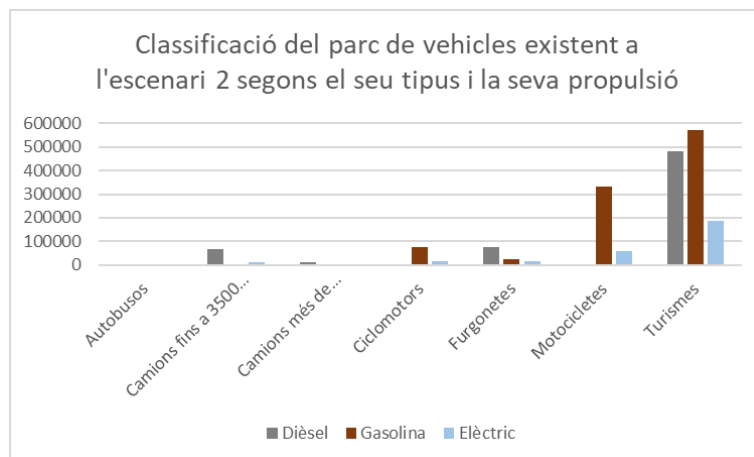


Figura 10.4 Gràfic sobre la distribució del parc de vehicles segons el seu tipus a l'Escenari 2 (15% vehicles elèctrics). Font pròpia

10.3 Escenari 3

En el tercer escenari es plantejarà un percentatge del 50% de vehicles elèctrics respecte al parc vehicular total metropolitana (Figura 10.5). Aquest suposat escenari seria factible a llarg termini, on es podrà observar les demandes que aquest nou parc de vehicles reclamaria, i com hauria de canviar la situació actual a l'Àrea Metropolitana per poder adaptar-s'hi.

És un escenari on posar-hi especial atenció, ja que s'igualaria la quantitat de vehicles elèctrics i convencionals existents a l'Àrea Metropolitana, i per tant, seria interessant realitzar comparacions en els diversos ítems a estudi.

Aquest escenari, com apuntes diversos estudis mediambientals sobre la mobilitat, hauria de ser real l'any 2040 per tal d'arribar a obtenir l'objectiu d'emissions 0 al 2050, descrit a l'apartat anterior, i que es descriurà al següent apartat.

Aquest escenari seria factible en una Àrea Metropolitana bastant més avançada tecnològicament a l'actual. En aquest escenari el govern prohibiria la venda de vehicles amb motors de combustió interna, per tant només es permetria la compra de vehicles elèctrics, provocant l'existència d'una indústria automobilística completament enfocada en la producció de vehicles elèctrics.

A més serà necessari una implantació d'una gran xarxa d'estacions de recàrrega que comportaran unes inversions molt elevades, ja sigui a nivell públic com a nivell particular, per això caldrà buscar solucions i futurs plans que redueixin aquest impacte.

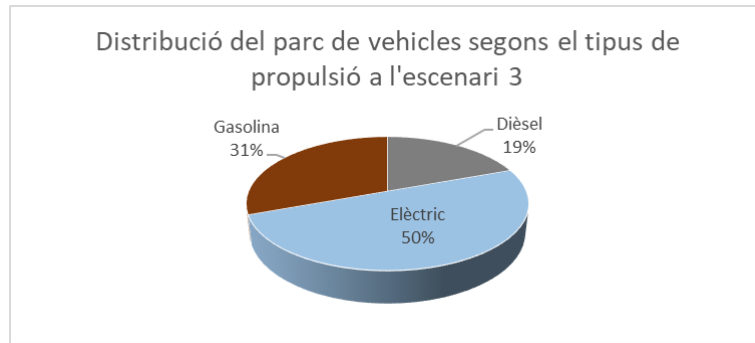


Figura 10.5 Distribució del parc de vehicles a l'AMB segons la seva propulsió a l'escenari 3 (50% de vehicles elèctrics). Font pròpia. Font pròpia

Amb un 50% de vehicles elèctrics obtindríem un total de 968.786 vehicles elèctrics, lo que suposaria un descens dels demés tipus de propulsió obtenint un 19% de vehicles dièsel (suposaria un total de 376.613 vehicles) i un 31% de vehicles gasolina (lo que suposaria un total de 592.173 vehicles).

A l'escenari 3 trobarem la distribució del parc de vehicles segons el seu tipus presentada al Figura 10.6, això també ens donarà informació important per poder estudiar el consum energètic d'aquest escenari o les infraestructures necessàries que farà falta implementar.

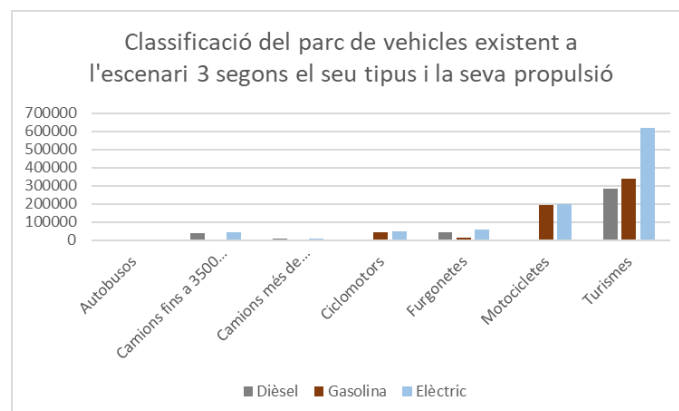


Figura 10.6 Gràfic sobre la distribució del parc de vehicles segons el seu tipus a l'Escenari 3 (50% vehicles elèctrics). Font pròpia

10.4 Escenari 4

Serà necessari també mirar a més llarg termini, plantejar escenaris on el parc de vehicles elèctric tingui el monopoli del parc vehicular a l'AMB, per això plantejar un escenari on la totalitat de vehicles siguin elèctrics ens podrà donar una idea, de les necessitat que l'Àrea Metropolitana patirà, i com s'hauria d'adaptar per poder sostenir-lo.

Un hipotètic escenari on el parc de vehicles sigui en la seva totalitat d'emissions zero, es situaria segons diverses font com a objectiu a l'any 2050, per tant encara que encara hi ha marge, cal anar engrandint les diferents capacitats de l'Àrea Metropolitana per tal de acollir aquest nou percentatge.

Simularé que tots els vehicles d'emissions 0 seran vehicles elèctrics purs, degut a la poca inserció dels vehicles propulsats amb hidrogen i el suposat lideratge dels elèctrics purs respecte dels híbrids recarregables en aquesta transició.

Al quart escenari es simularà un parc de vehicles de l'Àrea Metropolitana de Barcelona amb un monopoli del 100% de vehicles elèctrics (Figura 10.7), aquest escenari es podria donar a molt llarg termini, però la utilitat bàsica que pot tenir l'estudi d'un parc 100% elèctric és poder observar més clarament els avantatges i/o inconvenients respecte el parc actual.

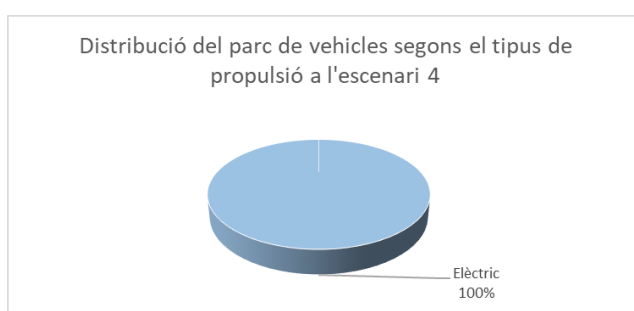


Figura 10.7 Distribució del parc de vehicles a l'AMB segons la seva propulsió a l'escenari 4 (100% de vehicles elèctrics). Font pròpia. Font pròpia

Amb aquest escenari podríem tenir una visió de com ha de variar aquesta regió per poder sostenir un parc de vehicles completament elèctric i quin impacte tindrà sobre l'Àrea Metropolitana.

A l'escenari 4 trobarem la distribució del parc de vehicles segons el seu tipus presentada a la Figura 10.8, això també ens donarà informació important per poder estudiar el consum energètic d'aquest escenari o les infraestructures necessàries que farà falta implementar.

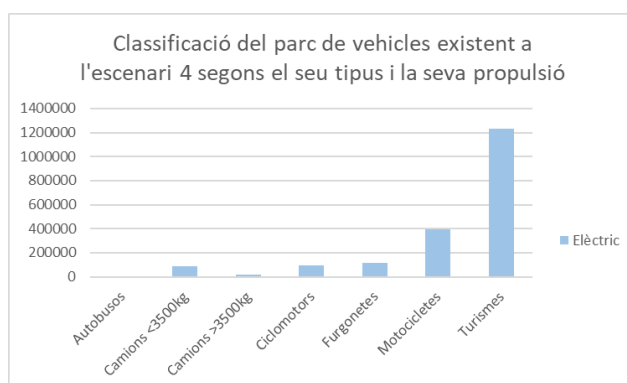


Figura 10.8 Gràfic de la distribució del parc de vehicles segons el seu tipus a l'Escenari 4 (100% vehicles elèctrics). Font pròpia

Per realitzar la distribució del parc de vehicles segons els seu tipus en els diferents escenari proposats, he mantingut la freqüència relativa de cada tipus de vehicle del parc real l'any 2017 per tal que aquesta estructura no variï, i es pugui seguir tenint en compte la mateixa quantitat de cada tipus de vehicle en cada escenari.

11 CAPACITAT ENERGÈTICA

11.1 Consum del parc de vehicles a l'Àrea Metropolitana.

Un tret fonamental per poder estudiar les conseqüències que provocarà l'increment dels vehicles elèctrics a l'Àrea Metropolitana de Barcelona és el consum elèctric que aquests demanden.

El consum d'electricitat d'un vehicle elèctric es mesura en quilovats hora (kWh), i depèn de l'eficiència de cada cotxe elèctric, sent un paràmetre primordial, per al consum implícit, la ràtio kWh/100kms (quilowatt hores consumits en 100 quilometres circulats), que es pot comparar amb la ràtio litres l/100 (gasolina o dièsel consumida cada 100 quilometres).

11.1.1 Consum d'electricitat dels vehicles elèctrics a l'Àrea Metropolitana l'any 2017

Primerament, caldrà calcular el consum real a l'escenari base des d'on parteix l'estudi, per tal de poder comparar aquesta demanda amb els futurs consums sol·licitats als diferents escenaris per part dels vehicles elèctrics. Per saber el consum anual d'un vehicle elèctric cal estudiar la seva mobilitat al llarg d'aquell any i el consum d'energia conseqüent del motor per la realització d'aquests desplaçaments, per tant caldrà estudiar aquestes dues variables pels vehicles actuals a l'Àrea Metropolitana.

El parc de vehicles elèctrics l'any 2017 estava constituït per 4.460 vehicles, que es distribuïen segons el seu tipus com hem pogut veure a la Figura 9.4. **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, per tant per conèixer el consum d'aquest conjunt, haurem de calcular els quilòmetres totals que han recorregut l'any 2017. Això ho farà mitjançant les dades que ens proporciona la DGT de la mitjana de quilòmetres anuals que recorre cada tipus de vehicle segons la seva antiguitat (Taula 11.1) i els consums mitjans propis relatius a cada tipus de vehicle (Taula 11.2).

Taula 11.1 Quilòmetres anuals recorreguts segons el tipus de vehicle i la seva antiguitat l'any 2017. [40]

Antiguitat/ tipus de vehicle	Autobusos	Camions > 3500 kg	Camions < 3500 kg	Furgonetes	Turismes	Motocicletes
De 0 a 4 anys	81082	119559	26278	30251	19689	4656
De 5 a 9 anys	62329	77045	19017	22460	15301	3243
De 10 a 14 anys	47808	46438	15623	14968	12399	2867
De 15 a 19 anys	35705	29509	12898	11010	10532	2462
Més de 20 anys	24867	16923	11153	8780	8572	1698

Com podem observar, la quantitat de quilòmetres recorreguts també depèn de l'antiguitat d'aquests tipus de vehicles, per tant, també s'haurà d'estudiar aquesta variable.

Mitjançant l'antiguitat d'aquests tipus de vehicles (com s'expressa a la Figura 11.1), ara sí podem obtenir els quilòmetres anual de cada tipus de vehicle.

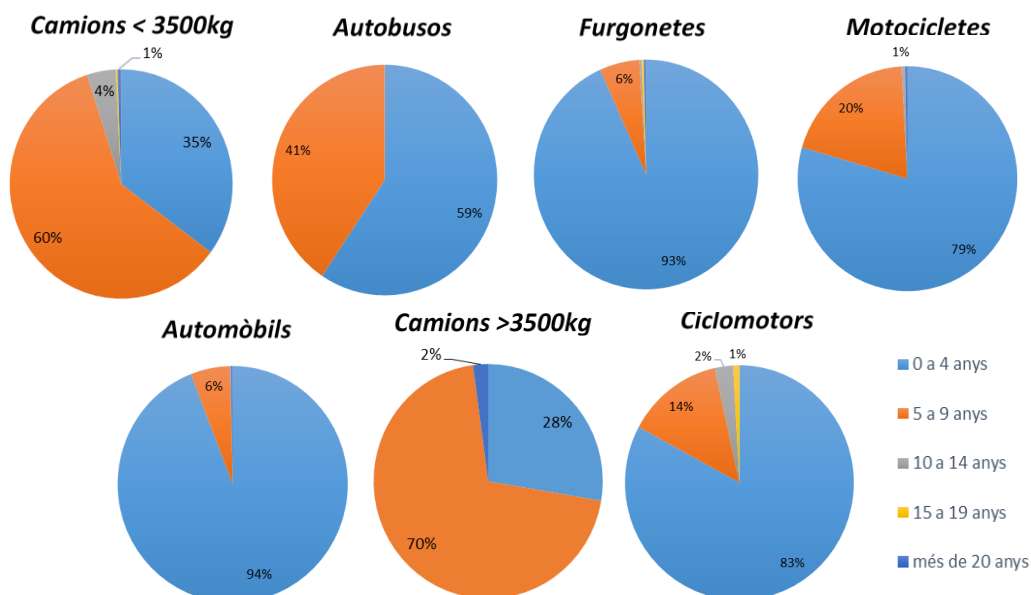


Figura 11.1 Gràfics sobre l'antiguitat del parc de vehicles a l'Àrea Metropolitana de Barcelona segons el tipus de vehicle. Font pròpia

$$\text{Quilòmetres anuals} = \text{Mitjana de quilòmetres anuals} \times \text{Quantitat de vehicles}$$

Equació 11.1 Càlcul dels quilòmetres anuals recorreguts a l'AMB. Font pròpia

On:

Mitjana de quilòmetres anuals *Mitjana dels quilòmetres anuals recorreguts segons els tipus de vehicle i la seva antiguitat [km/any]*

Quantitat de vehicles *Quantitat de vehicles segons el seu tipus i la seva antiguitat*

Quilòmetres anuals *Total de quilòmetres anuals recorreguts per cada tipus de vehicle existent [km/any]*

Així, mitjançant l'Equació 11.1 s'arriba a la conclusió que els vehicles elèctrics de carretera de l'Àrea Metropolitana l'any 2017 han recorregut el total de quilòmetres expressats a la Figura 11.2, on s'observa que els turismes acaparen la majoria de quilòmetres recorreguts.

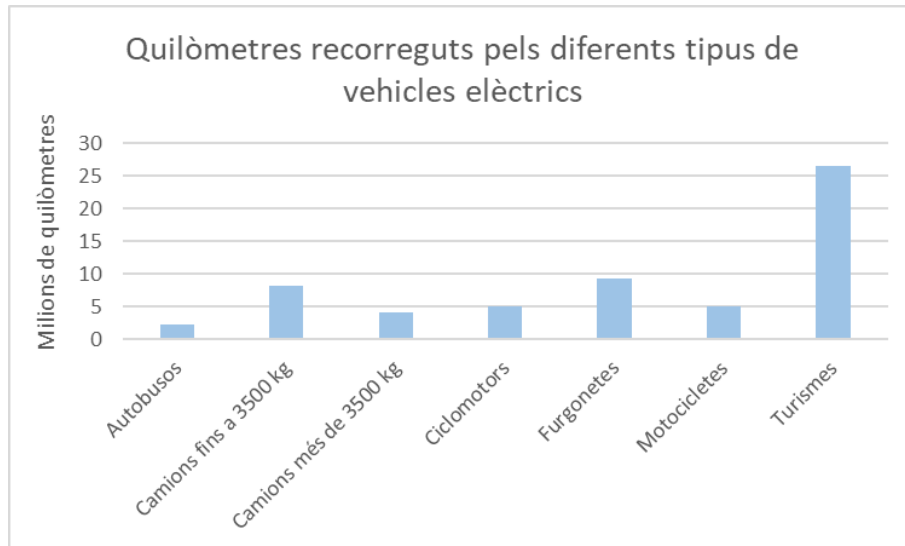


Figura 11.2 Quilòmetres que van recórrer l'any 2017 els diferents tipus de vehicle elèctric a l'AMB. Font pròpia

Un cop calculats els quilòmetres totals recorreguts per part dels vehicles de carretera a l'AMB, caldrà analitzar els 5 models més venuts per a cada tipus de vehicle (Annex A), per tal d'obtenir un consum mitjà (kWh/100km) per cada tipus de vehicle (Taula 11.2), que serà necessari per poder calcular els consums anuals de cada tipus de vehicle l'any 2017.

Taula 11.2 Consums cada 100 km dels diferents tipus de vehicles elèctrics. Font pròpia

Tipus de vehicle	Consum (kWh/100km)
Autobusos	87,53
Camions fins a 3500 kg	16,86
Camions més de 3500 kg	100
Ciclomotors	3,09
Furgonetes	16,86
Motocicletes	4,54
Turismes	16,57

$$\text{Consum elèctric} = \sum \text{Quilòmetres anuals} \times \text{Consum elèctric mitjà}$$

Equació 11.2 Càlcul del consum d'electricitat del vehicles elèctrics a l'AMB. Font pròpia

On:

Consum elèctric	<i>Consum elèctric anual total dels vehicles elèctrics [kWh/any]</i>
Consum elèctric mitjà	<i>Consum elèctric mitja per part dels diferents tipus de vehicles elèctrics [kWh/km]</i>
Quilòmetres anuals	<i>Total de quilòmetres anuals recorreguts pels diferents tipus de vehicles elèctrics [km/any]</i>

Finalment, mitjançant l'Equació 11.2 s'arriba a la conclusió que el consum elèctric total a l'any 2017 per part dels vehicles elèctrics a l'AMB va ser de *13,90 GWh*.

Cal tenir present que totes les dades utilitzades per realitzar els càlculs pertinents són dades actuals que en un futur poden patir una variació a causa d'una evolució tecnològica, que faciliti uns consums propis dels vehicles més eficients.

11.1.2 Consum del parc de vehicles convencionals a l'Àrea Metropolitana de Barcelona l'any 2017

L'any 2017 els vehicles propulsats per dièsel i gasolina tenien gairebé el monopoli del parc de vehicles total de l'Àrea Metropolitana, i per tant constituïen el principal focus d'emissions de CO2 per part dels vehicles de carretera.

Per calcular el consum de combustible total d'aquests vehicles l'any 2017, utilitzarem el mateix mètode empleat pel càlcul del consum elèctric vist anteriorment (Equació 11.3), però tenint en compte els consums mitjans dels diferents tipus de vehicles de combustió interna (Taula 11.3).

$$\text{Consum combustible} = \sum \text{Quilòmetres anuals} \times \text{Consum mitjà}$$

Equació 11.3 Càlcul del consum dels combustibles fòssils del vehicles convencionals a l'AMB. Font pròpia

On:

Consum combustible *Consum de combustible anual total dels vehicles (litres/any)*

Consum mitjà *Consum de combustible mitja per part dels vehicles [litres/km]*

Quilòmetres anuals *Total de quilòmetres anuals recorreguts pel parc de vehicles [km/any]*

Taula 11.3 Consums dels diferents tipus de vehicles existents a l'Àrea Metropolitana de Barcelona propulsats amb dièsel i gasolina.

		Consum propi segons el tipus de carburant (litres/100km)	
		Dièsel	Gasolina
Tipus de vehicle	Autobusos	32	33
	Camions fins a 3500 kg	13	15
	Camions més de 3500 kg	33	35
	Ciclomotors	2	2
	Furgonetes	11	11,5
	Motocicletes	3	3,5
	Turismes	6,1	6,5

Seguint el mateix procediment que a l'apartat 11.1.1, mitjançant Equació 11.1 trobarem els quilòmetres anuals recorreguts pels diferents tipus de vehicles dièsel i gasolina.

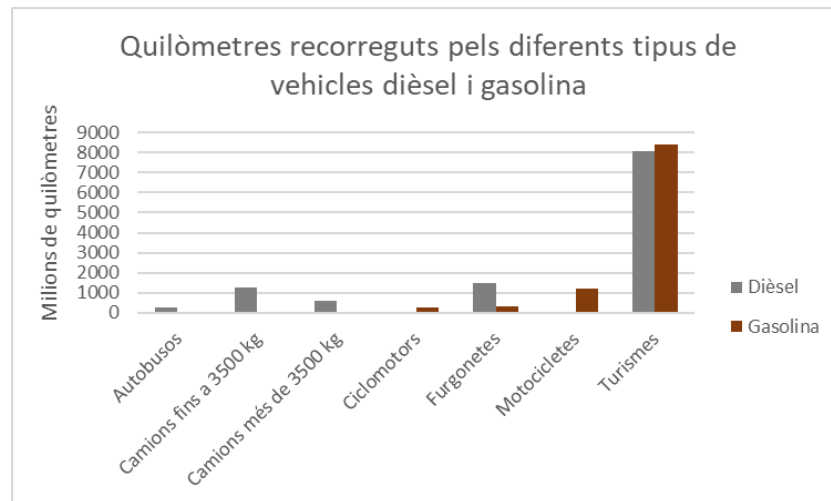


Figura 11.3 Quilometres recorreguts pels diferents tipus de vehicles propulsats per dièsel i gasolina l'any 2017 a l'AMB

I finalment mitjançant l'Equació 11.3 ens trobem amb els resultats especificats a la Taula 11.4, on es resumeix els consums anuals derivats dels vehicles de carretera.

Taula 11.4 Resum sobre el càlcul del consum anual del conjunt del parc de vehicles de l'Àrea Metropolitana l'any 2017. Font pròpia

Consum anual (litres/any)	
Dièsel	1103,88 milions de litres
Gasolina	640,61 milions de litres

A l'Annex A, s'ha realitzat una comprovació d'aquests valors calculats mitjançant un estudi dels valors de dièsel i gasolina consumits a l'AMB durant l'any 2017 per part del transport en vehicles de carretera.

11.2 Consum del parc de vehicles en els diferents escenaris

Efectuant els mateixos càlculs anteriors però tenint en compte els diferents valors del parc de vehicles elèctrics en cada escenari, podré obtenir els consums totals per l'any 2017 en cada escenari simulat.

Aquests consums obtinguts ens donaran una idea de la demanda d'energia elèctrica que es tindria en cada escenari i la possible necessitat d'augmentar la producció d'electricitat per poder sostenir aquestes noves situacions.

Consideraré que el consum propi dels diferents tipus de vehicles elèctrics existents a l'AMB és manté constant, encara que segurament en un futur aquests consums es veuran reduïts gràcies a un possible augment en la tecnologia de producció.

11.2.1 Escenari 1

A l'escenari 1, tenim un total de 195.367 vehicles elèctrics, això augmentarà el consum anual d'energia elèctrica per part del transport de carretera a l'Àrea Metropolitana considerablement, per trobar el valor del consum total en aquest hipotètic escenari caldrà realitzar els mateixos passos que a l'apartat 11.1, trobant primer el valor dels quilòmetres recorreguts mitjançant l'Equació 11.1 i la Taula 11.1 i la quantitat de vehicles segons la seva antiguitat i el seu tipus.

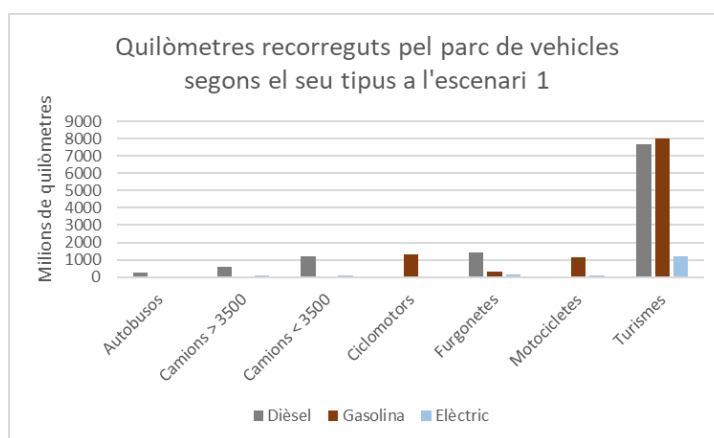


Figura 11.4 Gràfic sobre la quantitat de quilòmetres recorreguts pels diferents tipus de vehicles a l'escenari 1. Font pròpia

Igual que a l'apartat 11.1.1 i 11.1.2 caldrà utilitzar l'Equació 11.2 i l'Equació 11.3 per poder obtenir els valors dels consums anuals, mitjançant els consums mitjans dels diferents tipus de vehicle (Taula 11.3 i Taula 11.2) i els quilòmetres anuals recorreguts segons el tipus de vehicle expressats a la Figura 11.4.

Taula 11.5 Resum dels resultats de consum anual a l'escenari 1 per part dels vehicles de carretera a l'AMB. Font pròpia

Consum	
Elèctric	328,03 GWh
Dièsel	1021,4 milions de litres
Gasolina	631,3 milions de litres

Això significa un augment del consum anual d'energia elèctrica per part del transport de carretera a l'Àrea Metropolitana en un 2259,23 % respecte al consum real l'any 2017.

11.2.2 Escenari 2

A l'escenari 2, amb un 15% de vehicles elèctrics respecte el total, es tindria un total de 290.636 vehicles elèctrics. Per poder calcular el consum elèctric en aquest escenari, primerament es calculen els quilòmetres recorreguts anualment segons el tipus de vehicle, mitjançant l'Equació 11.1. Taula 11.1

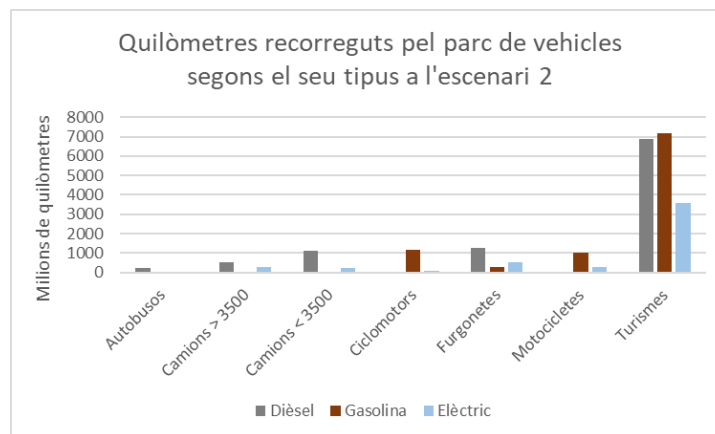


Figura 11.5 Gràfic sobre la quantitat de quilòmetres recorreguts pels diferents tipus de vehicles a l'escenari 2. Font pròpia

Realitzant el mateix procediment explicat a l'apartat anterior, podem obtenir el consum de gasolina, dièsel i electricitat total per part dels vehicles de carretera en aquest escenari.

Taula 11.6 Resum dels resultats de consum anual a l'escenari 2 per part dels vehicles de carretera a l'AMB. Font pròpia

Consum	
Elèctric	984,1 GWh
Dièsel	913,88 milions de litres
Gasolina	564,84 milions de litres

Com observem a la Taula 11.6 s'augmentarà el consum anual d'energia elèctrica per part del transport de carretera a l'Àrea Metropolitana en un 6977,69% respecte al real l'any 2017, i provocarà un descens del consum de combustibles fòssils.

11.2.3 Escenari 3

A l'escenari 3, tenim un total de 968.786 vehicles elèctrics, això augmentarà el consum anual d'energia elèctrica per part del transport de carretera a l'Àrea Metropolitana.

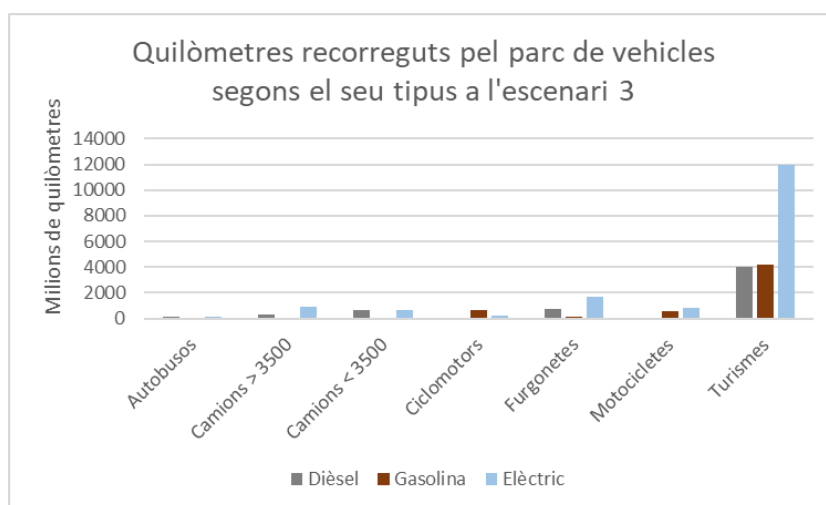


Figura 11.6 Gràfic sobre la quantitat de quilòmetres recorreguts pels diferents tipus de vehicles a l'escenari 3. Font pròpia

Mitjançant els quilòmetres anuals recorreguts pels diferents tipus de vehicles (Figura 11.6), i el procediment desenvolupat als apartats anteriors podem calcular els consums anuals del parc de vehicles segons el seu tipus de propulsió.

Taula 11.7 Resum dels resultats de consum anual a l'escenari 3 per part dels vehicles de carretera a l'AMB

Consum	
Elèctric	3280,33 GWh
Dièsel	537,6 milions de litres
Gasolina	332,26 milions de litres

Finalment, podem observar a la Taula 11.7 com s'augmentaria en un 23492,30% el consum d'energia elèctrica respecte al consum real l'any 2017, i ens trobaríem amb un descens considerable del consum de combustibles fòssils.

11.2.4 Escenari 4

A l'escenari 4, tot el parc vehicular seria elèctric, això significaria un total de 1.937.572 vehicles elèctrics, lo que implicarà un consum nul dels combustibles fòssils per part dels vehicles a l'AMB.

Seguint els passos relatats anteriorment, amb el 100% de vehicles elèctrics obtindrem un consum anual d'energia elèctrica de 6560,65 GWh, lo que significa un augment del consum elèctric per part del transport de carretera a l'Àrea Metropolitana en un 47084,60% respecte del real l'any 2017.

Finalment, l'objectiu d'aquest apartat és poder comparar clarament el descens del consum de combustibles fòssils envers del consum d'energia elèctrica en els diferents escenaris, a més de poder observar si aquest creixement progressiu d'energia elèctrica, serà molt agressiu o tindrà un creixement més lax, per tant, per poder fer aquesta comparació, es convertirà la quantitat de litres de dièsel i gasolina consumits anualment als diferents escenaris a quantitat d'energia, mitjançant les equivalències de la Taula 11.8.

Taula 11.8 Equivalència entre els litres de combustible fòssil i la quantitat d'energia desenvolupada.[41]

Combustible	Equivalència
Gasolina	9,61 kWh
Dièsel	10,96 kWh

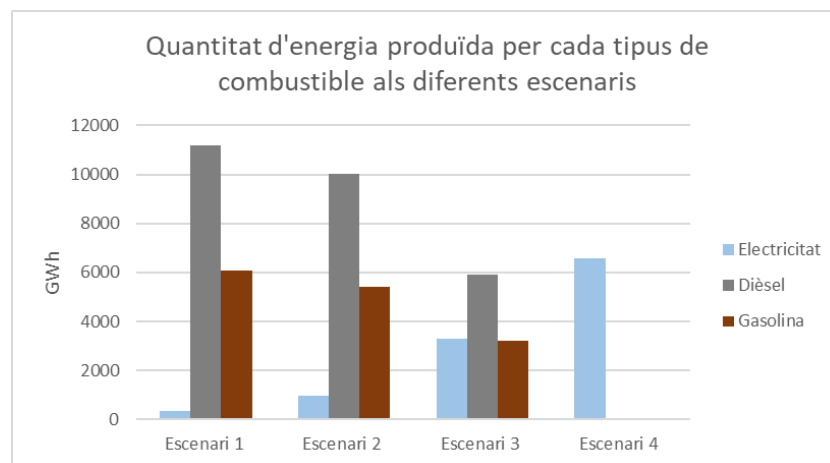


Figura 11.7 Gràfic resum de la quantitat d'energia dels diferents combustibles que propulsen el parc de vehicles als diferents escenaris. Font pròpia

Per tant, es pot concloure que la quantitat d'energia necessària per fer funcionar el parc de vehicles va disminuint a mesura que el vehicle elèctric comença a tenir més presència a les carreteres metropolitanes, reduint fins en un 64% aquesta energia consumida per un parc de vehicles totalment elèctric respecte el parc de vehicles real que existia l'any 2017 a l'AMB

11.3 Variació de la demanda elèctrica diària als diferents escenaris

Dins de la capacitat energètica de l'AMB per poder sostenir els diferents escenaris proposats, entra la demanda extra que la recàrrega dels vehicles elèctrics suposarà pel sistema elèctric peninsular, per tant cal estudiar-lo per poder trobar solucions als possibles inconvenients que això pugui ocasionar.

Per la realització dels càlculs pertinents he establert com a Març com a mes estàndard per l'any 2017, ja que després d'haver realitzat una comparació de la demanda mitjana mensual a nivell horari he trobat que Març es troba a la mitjana de demanda l'any 2017 a l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

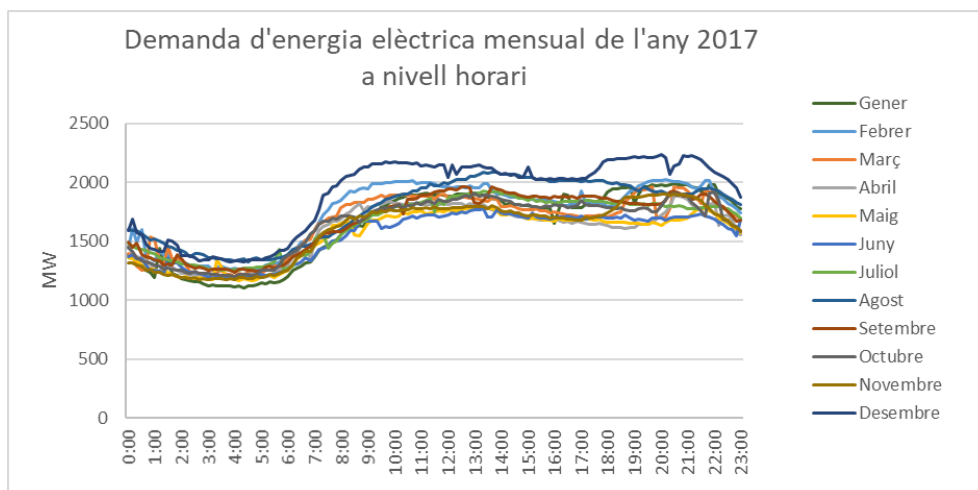


Figura 11.8 Evolució de la demanda d'energia elèctrica mensual a nivell horari l'any 2017. Font pròpia

Podem observar la demanda del mes de Març de 2017, que ha sigut adaptada a la demanda d'energia elèctrica de l'Àrea Metropolitana segons la comparació del total d'energia elèctrica consumida entre l'Àrea Metropolitana i el sistema elèctric peninsular.

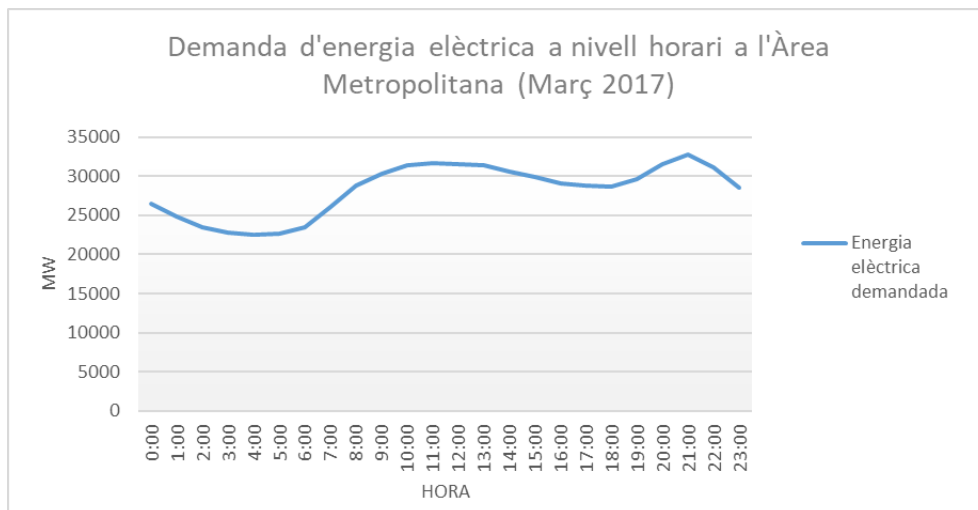


Figura 11.9 Evolució mitjana de la demanda d'energia elèctrica a nivell horari a l'Àrea Metropolitana al mes de Març de 2017. Font pròpia

Aquest increment del consum d'electricitat per part dels vehicles elèctrics es pot reflectir de diverses maneres a la demanda diària d'energia elèctrica a nivell metropolità.

Si la recàrrega fos homogènia durant tot el dia trobaríem una corba de demanda exactament igual a la real però on es veuria augmentada la demanda de manera proporcional durant tot el dia, com podem observar en les Figura 11.10, Figura 11.11, Figura 11.12 i Figura 11.13.

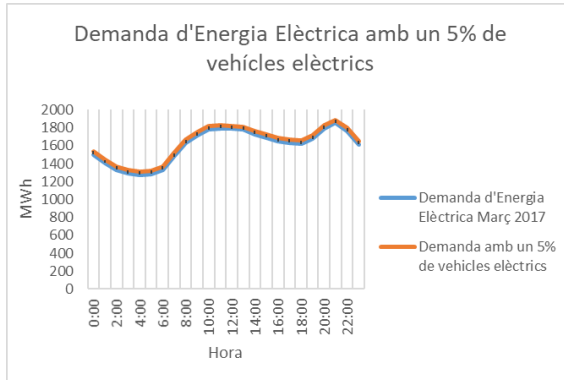


Figura 11.10 Gràfic de la demanda d'energia elèctrica si la recàrrega fos homogènia durant tot el dia a l'escenari 1.
Font pròpia

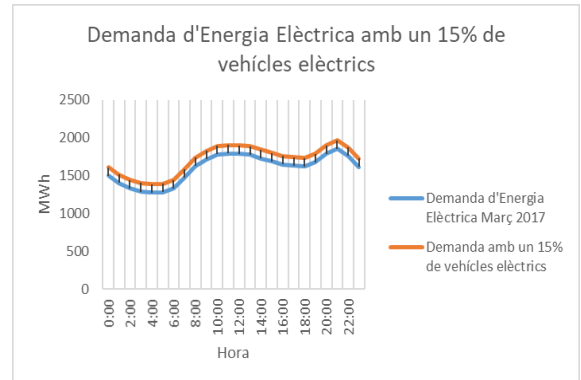


Figura 11.11 Gràfic de la demanda d'energia elèctrica si la recàrrega fos homogènia durant tot el dia a l'escenari 2.
Font pròpia

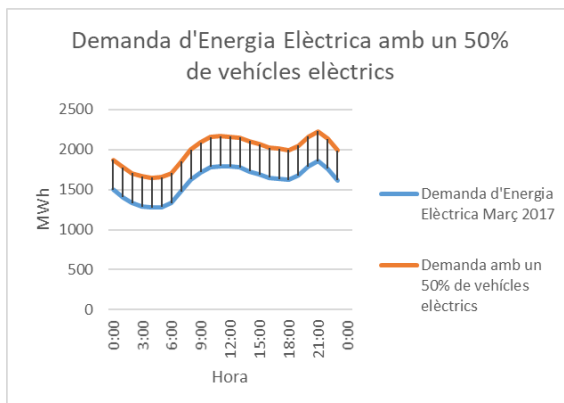


Figura 11.12 Gràfic de la demanda d'energia elèctrica si la recàrrega fos homogènia durant tot el dia a l'escenari 3.
Font pròpia

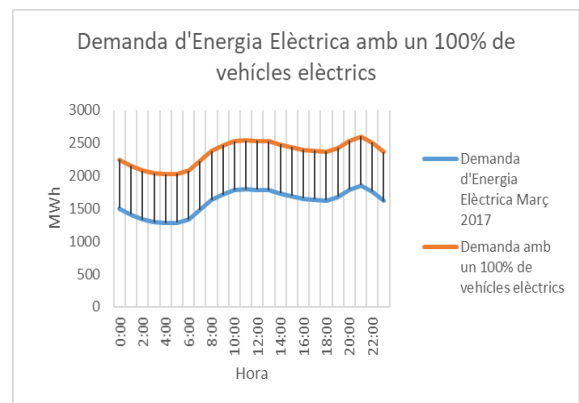


Figura 11.13 Gràfic de la demanda d'energia elèctrica si la recàrrega fos homogènia durant tot el dia a l'escenari 4.
Font pròpia

11.4 Distribució de la demanda elèctrica en la recàrrega durant les hores super vall

Les hores super vall són aquelles hores on la demanda d'energia elèctrica és més baixa respecte de la resta del dia, aquest interval de temps es situa entre les 1:00 hores fins les 7:00 hores de la matinada, per això és una franja horària on el preu del kWh és més baix, i seria la franja idònia per poder recarregar el nostre vehicle elèctric, ja sigui per comoditat (és una franja horària on la majoria de la població es troba als seus domicilis) o per tal d'igualar la demanda d'electricitat al llarg del dia.

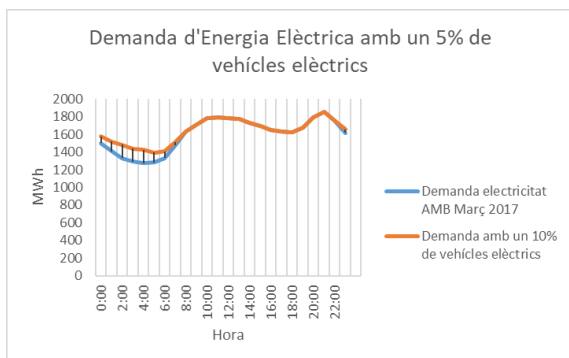


Figura 11.14 Gràfic sobre la comparació de la demanda d'electricitat real i la demanda sol·licitada per l'escenari 1 si realitzéssim la recàrrega en hores super vall. Font pròpia

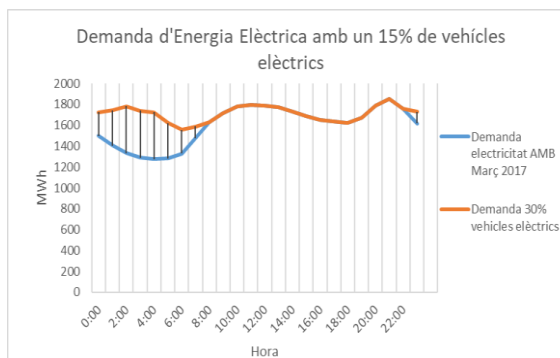


Figura 11.15 Gràfic sobre la comparació de la demanda d'electricitat real i la demanda sol·licitada per l'escenari 2 si realitzéssim la recàrrega en hores super vall. Font pròpia

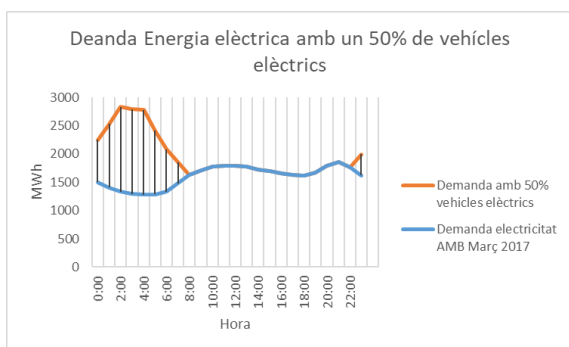


Figura 11.16 Gràfic sobre la comparació de la demanda d'electricitat real i la demanda sol·licitada per l'escenari 3 si realitzéssim la recàrrega en hores super vall. Font pròpia

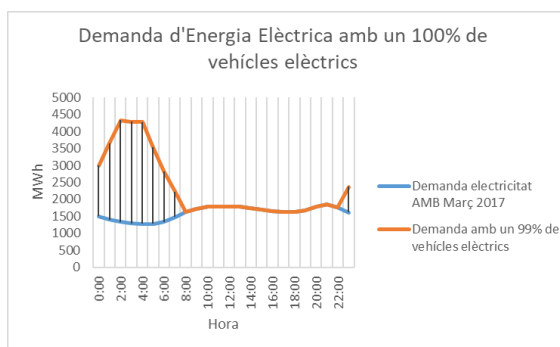


Figura 11.17 Gràfic sobre la comparació de la demanda d'electricitat real i la demanda sol·licitada per l'escenari 4 si realitzéssim la recàrrega en hores super vall. Font pròpia

11.5 Distribució de la demanda elèctrica en la recàrrega durant les hores punta

Les hores punta són les franges horàries on trobem la demanda d'energia elèctrica més elevada durant tot el dia, aquestes franges es solen situar entre les 11:00 hores fins les 14:00 hores del mig dia i des de les 19:00 hores fins les 22:00 hores del vespre. Aquesta franja horària seria la pitjor, a l'hora de realitzar les recarregues dels nostres vehicles elèctrics, ja que provocaria uns pics de demanda que depenent l'escenari a estudi, faria que la potencia instal·lada fos incapaç de proporcionar l'energia elèctrica suficient.

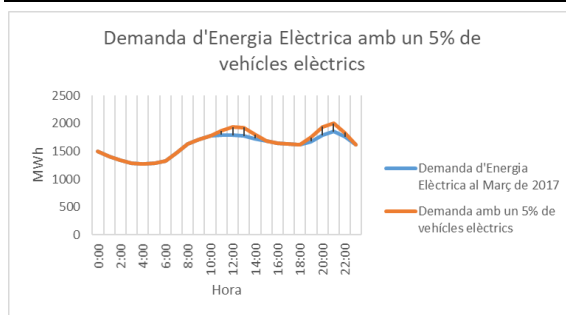


Figura 11.18 Gràfic sobre la comparació de la demanda d'energia elèctrica entre la real i a l'escenari 1 amb una recàrrega en hores punta. Font pròpia

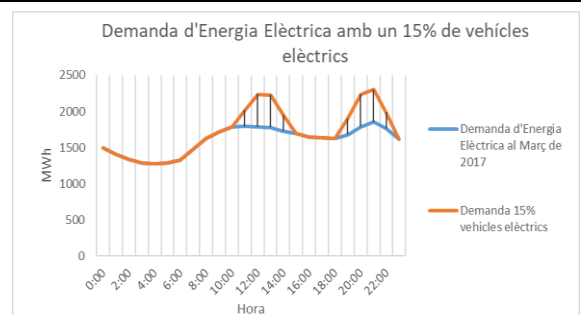


Figura 11.19 Gràfic sobre la comparació de la demanda d'energia elèctrica entre la real i a l'escenari 2 amb una recàrrega en hores punta. Font pròpia

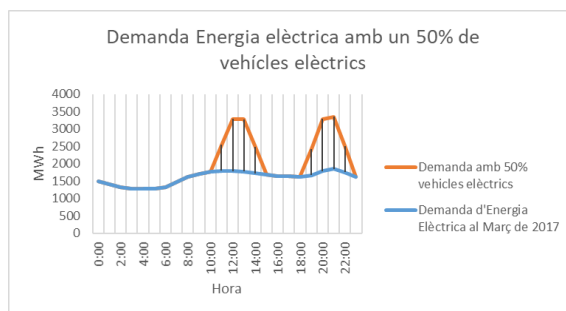


Figura 11.20 Gràfic sobre la comparació de la demanda d'energia elèctrica entre la real i a l'escenari 3 amb una recàrrega en hores punta. Font pròpia

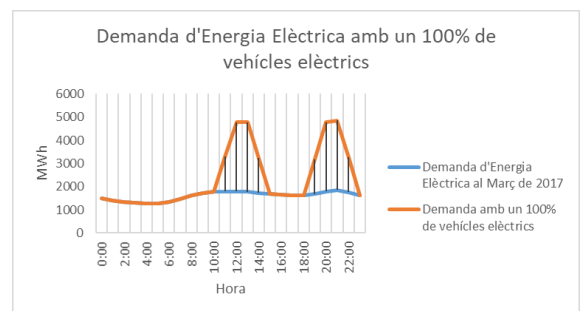


Figura 11.21 Gràfic sobre la comparació de la demanda d'energia elèctrica entre la real i a l'escenari 4 amb una recàrrega en hores punta. Font pròpia

Com podem observar la recàrrega durant la franja horària super vall ens donarà uns pics més suaus que la recàrrega vista en aquest punt, en concret, comparant els pics de demanda amb atenció, podríem arribar a obtenir una relaxació d'un 11% entre aquests pics, per tant, recarregant els vehicles en hores super vall reduiríem el risc de sobrecarregar el sistema elèctric.

Encara que els pics obtinguts a partir del escenari 2 (15 % de vehicles elèctrics) ens fan apreciar la necessitat d'un pla per tal d'homogeneïtzar la demanda al llarg del dia i evitar una saturació dels recursos.

11.6 Potència instal·lada a l'AMB l'any 2017

La potència instal·lada d'un sistema elèctric és bàsicament la suma de les potències nominals de les diferents plantes de generació d'electricitat del sistema en qüestió, és a dir, la capacitat màxima que té un sistema elèctric de poder generar electricitat.

L'any 2017, la potència instal·lada a l'AMB era de 2737,2261 MW [52] i la potència elèctrica màxima requerida va ser de 2344,25 MW (valor ajustat a l'Àrea Metropolitana de Barcelona mitjançant la relació de demandes a nivell estatal i nivell metropolità) [53], per tant existeix un marge de 393,2 MW de potència instal·lada sobrant en un hipotètic sistema elèctric metropolità que podria utilitzar-se per la recàrrega dels vehicles elèctrics.

Com s'observa a la Figura 11.22, quasi la totalitat de l'energia produïda a l'Àrea Metropolitana prové de les diferents centrals generadores d'energia elèctrica instal·lades a Sant Adrià de Besòs, i de les instal·lades a la ciutat de Barcelona.

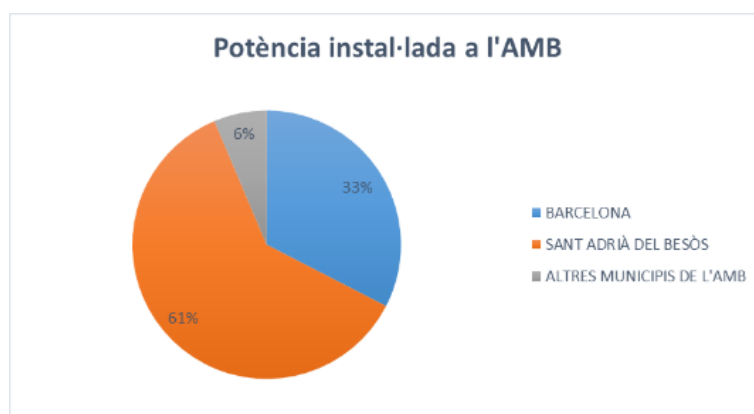


Figura 11.22 Gràfic sobre la distribució de la potència elèctrica instal·lada a l'AMB segons el seu origen l'any 2017.[42]

Per tant, la majoria d'energia elèctrica que es distribueix per l'Àrea Metropolitana prové d'aquestes centrals tèrmiques de cycle combinat (Figura 11.23), i per tant, encara que estem parlant de centrals molt més ecològiques i eficients que les centrals tèrmiques convencionals, encara generen emissions contaminants a l'atmosfera, per tant, caldria explotar altres recursos renovables i no contaminants existents a l'AMB per tal de generar una energia elèctrica més neta.

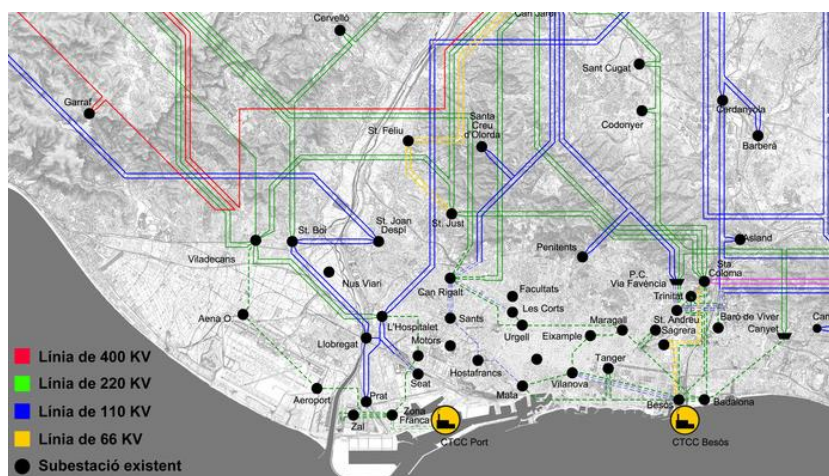


Figura 11.23 Mapa de la distribució i generació de l'energia elèctrica a l'AMB.[44]

11.7 Potència necessària derivada de la recàrrega dels vehicles elèctrics als diferents escenaris.

Suposant una recàrrega mitjana de 8 hores per part dels vehicles elèctrics i tenint en compte el consum d'electricitat derivat d'aquestes recàrregues diàries en els diferents escenaris a estudi, podem observar quina seria la potència necessària que hauria de tenir l'Àrea Metropolitana de Barcelona per poder sostenir aquestes situacions (Figura 11.24).

$$\text{Potència instal·lada necessària} = \text{Consum diari d'electricitat} \times \text{temps de recàrrega}$$

Equació 11.4 Càlcul de la potència instal·lada necessària per la recàrrega dels vehicles elèctrics a l'AMB l'any 2017. Font pròpia

On:

Consum diari d'electricitat	<i>Consum d'electricitat diari durant la recàrrega dels vehicles elèctrics (kWh/dia)</i>
Temps de recàrrega	<i>Temps mitjà que els vehicles elèctric es passen connectats a la xarxa elèctrica (hores)</i>
Potència instal·lada necessària	<i>Potència instal·lada al sistema elèctric que serà necessari per poder garantir el consum exigít (kW)</i>

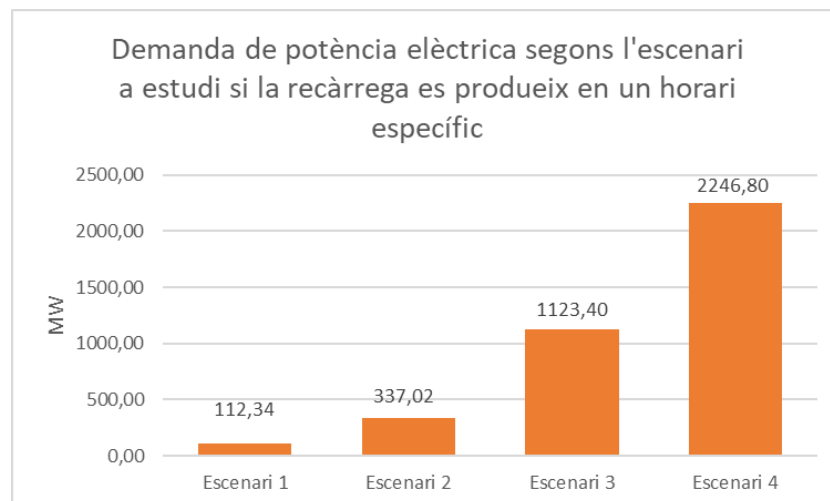


Figura 11.24 Gràfic sobre la demanda de potència elèctrica segons l'escenari simulat a l'AMB, si la recàrrega es produeix durant el mateix interval de temps. Font pròpia

Aquestes potències necessàries per poder sostenir la recàrrega dels vehicles elèctric esdevindrien si es realitza la recàrrega de tots els vehicles a l'hora.

Per tant, la potència instal·lada a l'Àrea Metropolitana no seria autosuficient per sostenir un hipotètic sistema elèctric metropolità a partir del escenari 2, és a dir, no seria capaç de sostenir gaire més d'un 15% de vehicles elèctrics. Aquest fet implicaria la necessitat d'importació d'energia elèctrica a altres sistemes elèctrics, a no ser que es realitzés la instal·lació de noves plantes de generació a l'àmbit metropolità.

En canvi, si la recàrrega d'aquests vehicles elèctrics es realitzés d'una manera homogènia durant tot el dia, com s'ha pogut observar a les Figura 11.10, Figura 11.11, Figura 11.12, Figura 11.13.

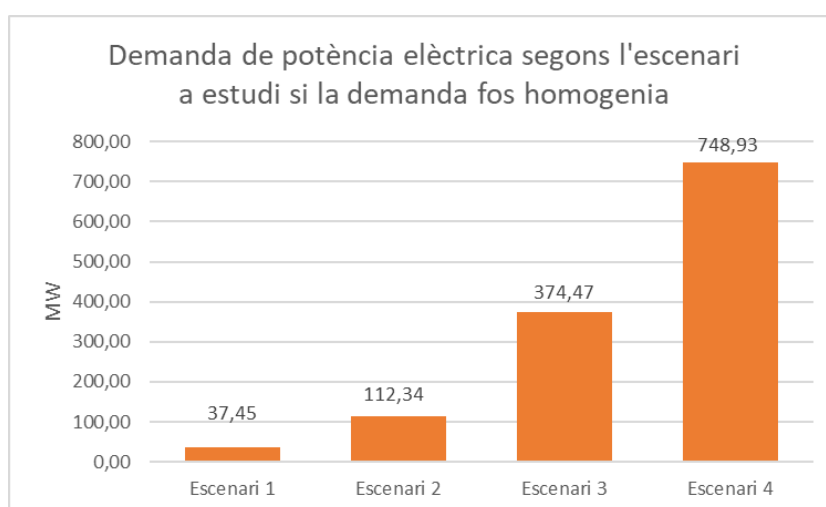


Figura 11.25 Gràfic sobre la demanda de potència elèctrica segons l'escenari simulat a l'AMB si la demanda fos homogènia. Font pròpia

Per tant, observem com si s'aconsegüís igualar la demanda d'aquests vehicles elèctrics durant tot el dia, la potència sobrant que va registrar l'AMB l'any 2017 seria suficient per cobrir un parc de vehicles amb un 50% de vehicles elèctrics. Si s'aconsegueix igualar la demanda d'electricitat per part dels vehicles elèctrics durant tot el dia, es podria aconseguir rebaixar fins a un 75% la potència necessària per produir les recarregues.

11.7.1 Potencial de l'energia solar a l'Àrea Metropolitana de Barcelona

Per poder afrontar l'incipient augment de demanda d'electricitat que s'espera per part de la recàrrega dels vehicles elèctrics a l'Àrea Metropolitana de Barcelona, caldrà augmentar la potència instal·lada metropolità mitjançant una font de generació neta, per tal de no augmentar les emissions de CO₂.

En aquest cas, s'estudiarà la possible incorporació de l'energia solar com aquesta font de generació neta. Dins de l'energia solar podem diferenciar dos tipus d'aprofitament del sol: per una banda,

l'aprofitament de l'energia solar per produir energia tèrmica, i per una altre banda, l'aprofitament solar per convertir la radiació solar en electricitat mitjançant la tecnologia fotovoltaica.

El procés de funcionament d'un sistema fotovoltaic comença quan la radiació solar incideix sobre les plaques fotovoltaiques, aquestes estan formades per un material semiconductor de silici cristal·lí que transforma l'energia solar en energia elèctrica contínua. Posteriorment aquesta energia passa per un inversor que aconseguix transformar-la en corrent altern de baixa tensió apte per ser consumida a la llar o ser incorporada xarxa elèctrica.

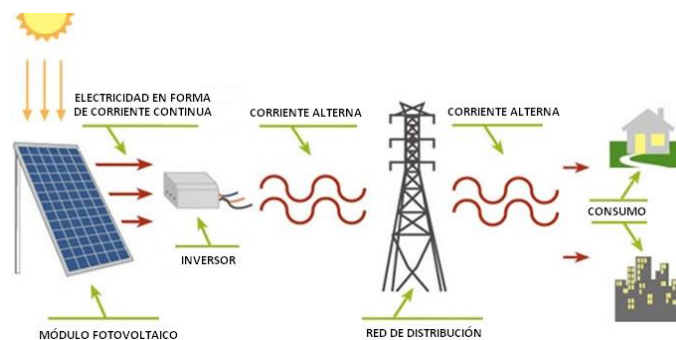


Figura 11.26 Funcionament d'una placa solar fotovoltaica.[45]

En canvi, l'energia solar tèrmica és una de les aplicacions pràctiques amb més futur dintre del marc urbà per poder reduir l'emissió de gasos contaminants de la generació d'electricitat en les centrals tèrmiques. El funcionament dels sistemes solars tèrmics es basa en la captació de la radiació solar i la calor mitjançant la transferència a un fluid portador de calor (aigua o aire). Una instal·lació d'energia solar tèrmica concentra la calor del Sol acumulat en uns panells denominats col·lectors i la transmet d'un lloc a un altre sense la utilització d'electricitat, a diferència de les plaques fotovoltaiques.

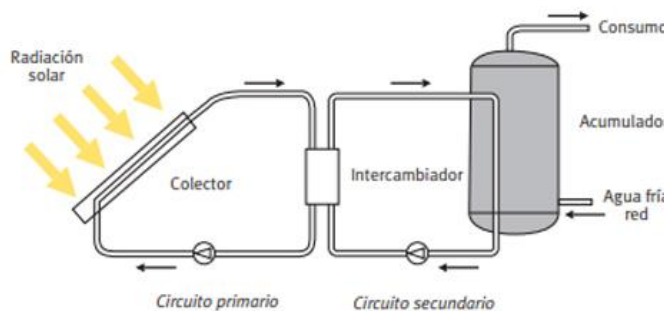


Figura 11.27 Funcionament d'una placa solar tèrmica.[45]

Segons diversos estudis realitzats per l'Agència de Desenvolupament Urbà de l'AMB, ens indiquen el potencial que té aquesta regió per obtenir energia elèctrica a través de plaques solars a les teulades dels edificis dels diferents municipis metropolitans. A través d'aquesta font generativa d'electricitat es podria arribar a obtenir un total de 34268,86 GWh/any. Dins d'aquest estudi, s'observa que el 81% d'aquesta energia elèctrica provindria de plaques solars tèrmiques, i el 19% restant provindria de plaques solars fotovoltaiques.



Figura 11.28 Disposició de les plaques solars a les teulades dels edificis.[45]

Aquestes dades ens indiquen que si s'implantessin una mica menys del 20% de totes les plaques solars que s'exposen en aquest estudi, ja es podria abastir el consum de 6560,65 GWh provinent de la recàrrega dels diferents vehicles elèctrics si la totalitat del parc de vehicles fos elèctric.

Segons aquest estudi, el nombre d'edificis i construccions que s'ha detectat que poden tenir potencial per acollir una instal·lació solar tèrmica és de 185.420 edificis a tota l'AMB, i en canvi, el potencial màxim de la generació per part de les plaques solars fotovoltaïques a l'AMB es donaria ocupant les teulades i cobertes de 184.866 edificis a tota l'AMB, és a dir una extensió màxima de 37297249 m^2 en el cas de l'energia fotovoltaïca i una extensió de 40922187 m^2 en el cas de l'energia solar tèrmica. [45]

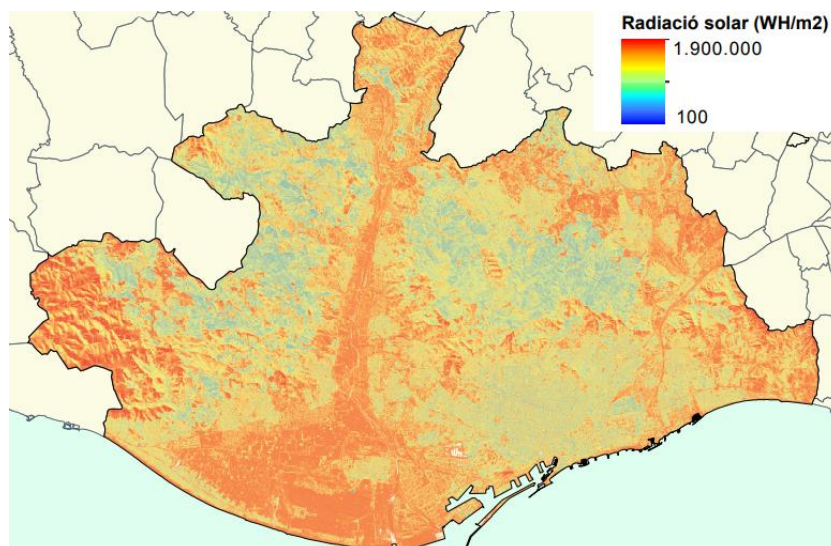


Figura 11.29 Mapa de la radiació solar existent a l'Àrea Metropolitana de Barcelona. [45]

Encara que en el cas de l'energia solar tèrmica s'utilitzi la mateixa extensió de plaques solars que en el cas de l'energia solar fotovoltaïca, s'aconsegueix una quantitat molt major d'energia elèctrica. Aquesta energia generada per les plaques solars tèrmiques no es pot introduir a la xarxa elèctrica (l'energia solar tèrmica s'aprofita principalment per escalfar fluids domèstics o industrials) i per tant no seria possible recarregar els vehicles elèctrics mitjançant aquesta font de generació.

Tot i que el descens de demanda que provocaria la incorporació d'aquesta energia als diferents llocs on s'instal·lin, possibilitarien una relaxació de la demanda que podria ser aprofitada per connectar els vehicles elèctrics a la xarxa.

En definitiva, l'AMB té un gran recorregut per davant en la generació d'energia fotovoltaica i solar tèrmica que cal incentivar i promoure, ja que aquest increment de generació d'energia elèctrica permetria tant reduir l'emissió de contaminants a l'atmosfera, com reduir també la dependència energètica de fonts contaminants.

12 CAPACITAT INFRASTRUCTURAL

Un dels principals ítems que cal analitzar per poder estudiar la capacitat de l'AMB per sostenir un futur parc de vehicles elèctrics que posseeixin una presència molt més notòria que l'actual, seria l'estudi de les estacions de recàrrega.

Per tant, s'ha d'analitzar com, on i quants punts de recàrrega caldria instal·lar per poder sostenir un futur model d'Àrea Metropolitana on la mobilitat elèctrica sigui majoritària,

També és necessari proporcionar informació bàsica als usuaris dels vehicles elèctrics per la instal·lació dels diferents punts de recàrrega als seus domicilis, i les possibles ajudes públiques a les quals s'hi poden acollir.

12.1 Punts de recàrrega domèstics

Tot i que no es tindran en compte en l'estudi de la capacitat infraestructural, poden donar una idea als propietaris dels vehicles elèctrics sobre quines mesures hauran d'aplicar per poder recarregar el seu vehicle als domicilis particulars.

12.1.1 Instal·lació d'un punt de recàrrega en un garatge comunitari.

L'apartat 17.5 de la Llei de propietat horitzontal facilita la instal·lació d'un punt de recàrrega de vehicles elèctrics en un garatge comunitari d'ús privat, no obstant això, l'interessat està obligat a informar a la comunitat amb antelació a través del seu president o administrador, però no es requereix l'aprovació per part dels veïns. Cal tenir en compte que l'autorització de la comunitat serà necessària si es requereix la connexió a un comptador comunitari a l'efectuar la instal·lació o si es requereix una preinstal·lació a l'edifici.

Per recarregar un vehicle elèctric en un garatge comunitari, el carregador ha d'estar instal·lat en una plaça individual, per la qual cosa el seu propietari ha d'assumir el cost de la instal·lació i del consum de l'electricitat corresponent.



Figura 12.1 Exemple d'un punt de recàrrega en un garatge comunitari. [46]

No hi ha grans requisits ni limitacions per instal·lar un punt de recàrrega per a un cotxe elèctric al teu garatge comunitari, la principal és la distància de la teva plaça al comptador, per això, si és molt gran, i les dificultats de l'obra poden fer que el cost sigui significativament car, o fer que la instal·lació sigui insegura, és aconsellable donar d'alta una nova línia amb el seu propi comptador més proper al punt de recàrrega.[48]

12.1.2 Instal·lació d'un punt de càrrega en un garatge individual d'un habitatge unifamiliar

Als habitatges unifamiliars de nova construcció que disposen d'aparcament o zona planificades per poder disposar d'un vehicle elèctric, s'instal·larà un circuit exclusiu per a la recàrrega del vehicle elèctric.

En totes les noves cases unifamiliars el circuit exclusiu ha d'estar totalment instal·lat incloent sistemes de canonades, cables, proteccions i el punt de recàrrega.

La instal·lació d'aquest circuit pot ser monofàsic o trifàsic i la potència instal·lada generalment respondrà a uns valors estipulats per la normativa ITC-BT-52, tal com ho decideixi el dissenyador de la instal·lació. No obstant això, el dissenyador pot justificar una potència superior, en funció de la previsió de potència per estació de recàrrega o del nombre de caselles construïdes per a la casa unifamiliar, en aquest cas el circuit i les seves proteccions es dimensionaran d'acord amb la potència esperada. [48]

12.1.3 Cost de la instal·lació d'un punt de recàrrega domèstic.

En el mode de recàrrega 1, el vehicle elèctric es pot connectar a un endoll tipus Schuko 16A sense cost addicional.

En el mode de recàrrega 2, la connexió a la xarxa es fa amb un connector Schuko especial on hi ha una petita comunicació amb la xarxa sense la necessitat de ningun tipus d'instal·lació. El preu mitjà de compra d'un *Schuko especial* és d'uns **200 euros**.

En el mode de recàrrega 3 la normativa requereix que el punt de recàrrega disposi d'un circuit exclusiu, per això, és habitual la instal·lació d'un punt de recàrrega com els WALLBOX que suporten més potència, i per tant permeten una recàrrega més ràpida.

El preu de l'equip es pot situar entre els 350 i els 1500 euros segons el tipus de Wallbox que volem instal·lar o els extrems que es vulguin contractar (si vol instal·lar una presa de mànega addicional, o col·locar lector de targeta de RFID de manera que només la persona autoritzada pugui activar o desactivar el carregador), als quals cal afegir el cost de la instal·lació d'un circuit exclusiu, aquest cost dependrà dels metres de cable necessaris per arribar al comptador individual. El preu de la instal·lació pot variar entre els 450 i 1200 euros segons les dificultats estructurals per la implantació d'un circuit exclusiu. Per això el preu mitjà de la instal·lació d'un Wallbox, pot ser d'uns **2500 euros**. [49]

El principal problema amb la recàrrega en el mode 4 és el cost: el preu de la torre es pot adquirir a partir de 35.000 euros i la despesa de la instal·lació elèctrica és considerable.

12.1.4 Ajudes per la compra d'un vehicle elèctric i la instal·lació de la corresponent estació de recàrrega.

Típicament, les marques que venen cotxes elèctrics ofereixen diferents promocions per instal·lar el punt de recàrrega a les llars dels seus clients. Alguns fabricants d'automòbils també regalen el punt de recàrrega i la seva instal·lació, i des del concessionari solen guiar els usuaris en el punt de recàrrega del seu vehicle, depenent de la bateria que incorpora, però a la vegada, des de l'estat es proporcionen una sèrie d'ajudes econòmiques per tal d'afavorir la incisió dels vehicles elèctrics a la societat, el principal pla d'ajuda és l'anomenat **Pla MOVE**, on cada any s'hi fa una inversió superior, dotant-se al 2020 amb 65 milions d'euros per ajudes a la incorporació dels vehicles elèctrics.

L'ajuda s'ha de distribuir de la manera següent: entre un 20% i un 50% serà per a la compra de vehicles alternatius. Entre el 30% i el 60% per al desplegament d'infraestructures de recàrrega. La implementació de sistemes de préstec de bicicletes elèctriques ha de tenir en compte entre un 5% i un 20% del pressupost assignat i el suport als plans de transport en els llocs de treball pot comptar del 0% al 10%. Això suposa una quantitat d'ajuts per a la compra de vehicles van des de 700 EUR per a motos elèctriques, 15.000 EUR per a la compra de camions i autobusos amb propulsió alternativa i per a vehicles lleugers elèctrics són al voltant de 5.000 euros.

Per als punts de recàrrega elèctrica per a vehicles elèctrics (públics i privats) i per a sistemes de préstec de bicicletes elèctriques, l'ajut serà del 30% o del 40% del cost subvencionable, segons el tipus de beneficiari, amb un límit de 100 000 EUR.

Finalment, els moviments estableixen un límit de 200.000 euros en ajudes per beneficiari per a la implantació de plans de transport als llocs de treball amb un cost màxim subvencionable del 50%.[70].

12.2 Punts de recàrrega a la via pública

Els punts de recàrrega públics són un tret fonamental a estudi per poder analitzar la capacitat infraestructural de l'Àrea Metropolitana a mesura que el parc de vehicles elèctric vagi guanyant terreny als vehicles convencionals, així, també és podrà realitzar una aproximació de la inversió necessària per anar adaptant aquesta regió a la recàrrega del vehicle elèctric a la via pública.

12.2.1 Cost de la instal·lació d'un punt de recàrrega a la via pública

Aquest cost anirà principalment a càrrec de les institucions públiques o empreses, que hauran d'instal·lar aquests punts de recàrrega a la via pública o als seus aparcaments, per poder satisfer la necessitat de recàrrega dels propietaris dels vehicles elèctrics.

Trobem 3 tipus d'estacions de recàrrega diferents segons la potència que proporcionen, i cadascuna requereix uns costos diferents tan en la compra del equip, la instal·lació i el manteniment anual de les estacions (Taula 12.1).

Taula 12.1 Costos de la instal·lació i de manteniment d'un punt de recàrrega segons la potència que pot proporcionar. [50]

Potència (kW)	Preu del equip (€)	Preu de la instal·lació (€)	Preu manteniment anual(€)
3,7	250	750	No és necessari
Entre 7 i 22	9500	3500	1500
50	36000	14000	3500

Malgrat aquesta proposta de valoració econòmica, cal tenir present que l'evolució de la tecnologia, l'optimització industrial del processos de fabricació dels punts de recàrrega i, sobretot, el factor d'escala de sol·licituds arran les estratègies europees i mundials de desenvolupament de la infraestructura de recàrrega per als vehicles elèctrics fan que aquestes valoracions econòmiques siguin aproximacions i s'hagin de revisar a la baixa de manera anual.

12.2.2 Normativa sobre les infraestructures per la recàrrega dels vehicles elèctrics

La normativa general que regula les infraestructures per la recàrrega dels vehicles elèctrics de recarrega de vehicles elèctrics, tant en espais privats com en garatges comunitaris o instal·lacions d'ús

públic, és el Reial Decret 1053/2014, en el qual s'aprova la nova Instrucció Tècnica Complementària ITC-BT-52. [48]

12.2.3 Distribució dels punts de recàrrega públics a l'Àrea Metropolitana de Barcelona actual

Actualment és obligatori la instal·lació d'un punt de recàrrega per cada 40 estacionaments disponibles en centres comercials o pàrquings públics, per així poder posar a disposició als consumidors dels punts de recàrrega suficients per suplir la demanda segons la Instrucció Tècnica Complementària ITC-BT-52, encara que molts aparcaments i centres comercials no estan regularitzant aquesta situació, s'espera que als pròxims anys acabin d'afegir els punts de recàrrega necessaris segons el seu nombre d'aparcaments.

Com es pot observar, la distribució de les benzineres (Figura 12.2) ubicades a l'Àrea Metropolitana de Barcelona mostren una gran semblança amb la distribució actual dels punts de recàrrega (Figura 12.3) ubicant-se principalment a la ciutat de Barcelona i seguint les carreteres i autopistes principals que creuen l'Àrea Metropolitana. Aquesta distribució podria servir de referència a l'hora d'integrar noves estacions de recàrrega o inclús transformar aquestes benzineres tradicionals en electrolineres que permetin la connexió dels vehicles elèctrics a la xarxa.

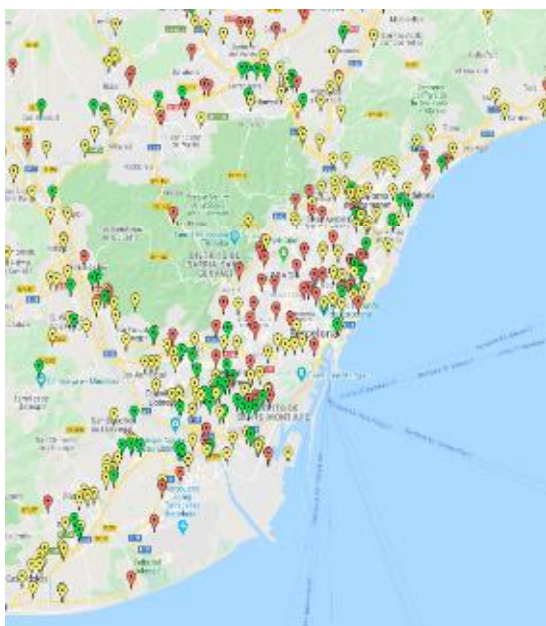


Figura 12.2 Mapa de la distribució dels punts de càrrega a l'Àrea Metropolitana. [52]

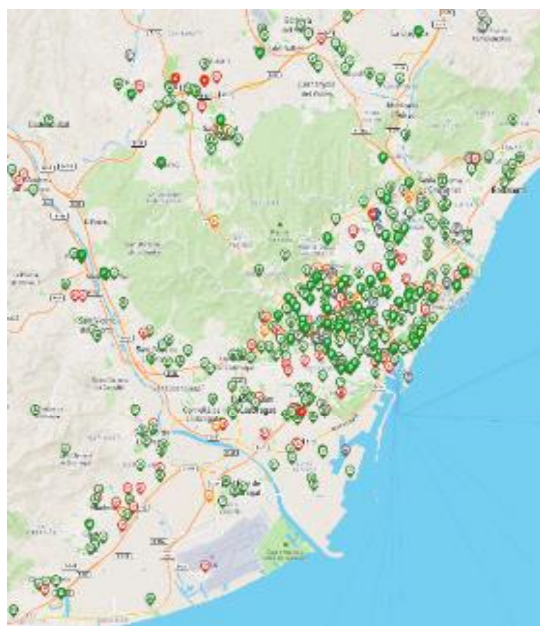


Figura 12.3 Mapa de la distribució de totes les benzineres existents a l'AMB. [51]

Actualment existeixen 505 gasolineres a l'Àrea Metropolitana, que subministren carburants fòssils, per tant no seria suficient per poder suportar l'evolució del vehicle elèctric.

12.2.4 Punts de recàrrega municipals a l'AMB

Les diferents administracions municipals integrants a l'AMB han instal·lat diferents estacions de recàrrega gratuïtes (el cost del servei l'assumeix íntegrament l'Administració) ubicats en aparcaments municipals (per utilitzar-los mentre el teu vehicle està aparcats) o bé en punts de carretera (per realitzar una recàrrega ràpida).

La xarxa pública de recàrrega de Barcelona és la desena més gran del món i es situa davantera a nivell europeu per a motocicletes. La gestió de tots els punts públics de recàrrega per a vehicles elèctrics a la ciutat de Barcelona s'integren a la xarxa Endolla Barcelona. A través de l'app Endolla Barcelona, els més de cinc-mil usuaris i usuàries de vehicles elèctrics poden accedir en temps real a informació sobre la disponibilitat de les estacions de recàrrega.[53]

En les Figura 12.4 i Figura 12.5 podem observar tots els punts de recàrrega municipals a la ciutat de Barcelona, on els punts verds ens indiquen localitzacions subterrànies (on trobem connectors Schuko destinats a la recàrrega de motocicletes i ciclomotors) i els punts blaus les localitzacions a la via pública (on trobem connectors Schuko per a motocicletes i ciclomotors, i connectors CHAdeMO, CCS2, i Mennekes, per la recàrrega ràpida dels automòbils).



Figura 12.4 Mapa dels diferents punts de càrrega municipals per a automòbils elèctrics. [54]



Figura 12.5 Mapa dels diferents punts de càrrega municipals per a ciclomotors i motocicletes elèctriques. [54]

12.2.5 Estacions de recàrrega ràpida a l'AMB

Actualment existeixen 27 punts de recàrrega ràpida a l'Àrea Metropolitana de Barcelona, dels quals 17 es troben dins de la ciutat de Barcelona, mentre que els 10 punts de recàrrega ràpida restants es situen en diferents municipis de l'AMB (com es pot observar en la Figura 12.6).

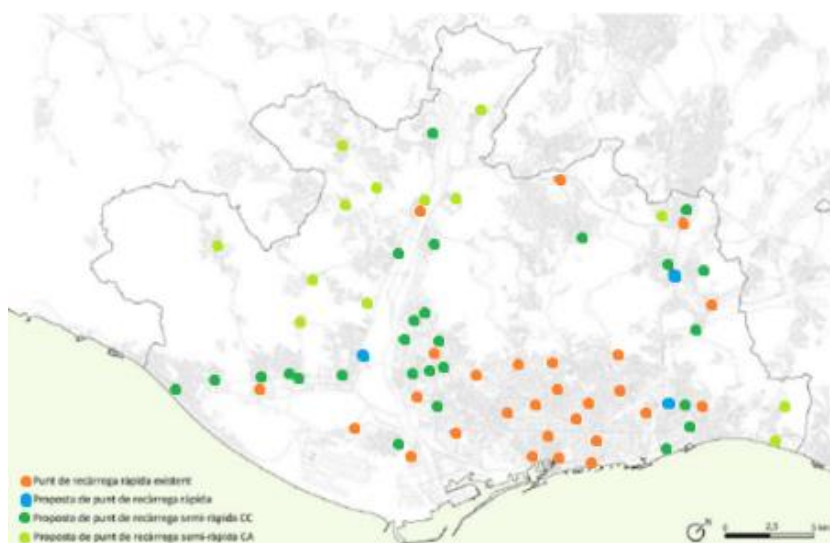


Figura 12.6 Mapa de la distribució dels punts de recàrrega ràpida existents i propostes d'instal·lació per al futur pròxim. [55]

Totes aquestes estacions de recàrrega situades a l'AMB disposen d'un punt de recàrrega ràpida tri-estàndard (per a cotxes i furgonetes elèctriques) i un punt de recàrrega lenta (per a motocicletes i ciclomotors).

Una recarrega ràpida tri-estàndard fa referència a que obligatòriament han de constar: 1 connector Mennekes AC amb una potència de 43 kW pel mode 3 de recàrrega, 1 connector CHAdeMO DC i un altre connector COMBO CCS2 DC amb unes potències de 50 kW pel mode 4 de recàrrega. En els punts de recàrrega tri-estàndard, els tres connectors permeten recarregar la bateria d'un turisme, o d'un vehicle industrial lleuger un 80% en 30 min aproximadament, lo que correspon al temps màxim d'estacionament permès.

En el cas dels punts de recàrrega lenta, ens trobem obligatòriament amb 2 connectors Schuko en corrent alterna que ens facilitaran la recàrrega en mode 1 (3kW), en aquests punts de recàrrega el temps màxim d'estacionament és de 2 hores.

Els punts de recàrrega ràpida (PdRR) tenen de mitjana uns 150 usos mensuals, encara que existeixen alguns punts on s'arriba a superar les 300 recàrregues mensuals com per exemple en algunes estacions estratègiques com a l'Estació de Sants o a Passeig de Gràcia. [56]

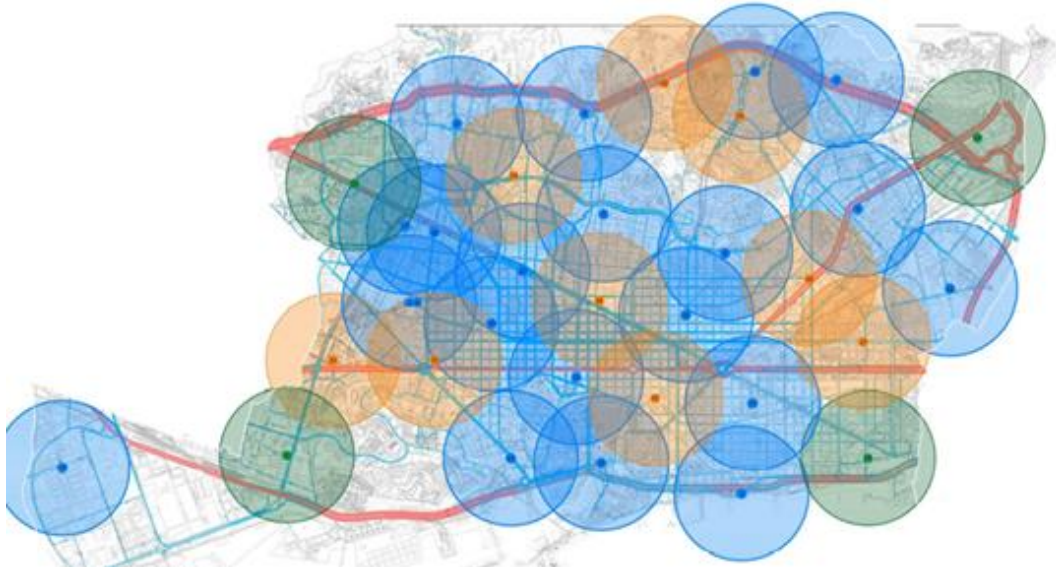


Figura 12.7 Mapa dels diferents punts de càrrega ràpida actual a la ciutat de Barcelona. [57]

A la Figura 12.7 trobem una futura distribució que proposa l'Ajuntament de Barcelona sobre la xarxa de les estacions de recàrrega ràpida públiques municipals en aquesta ciutat, on s'observa com la major quantitat d'estacions de recàrrega es localitzen als barris on les rendes per càpita són més elevades, i on també s'hi situen la major part dels vehicles elèctrics censats de Barcelona.

Aquesta distribució es podria aplicar a altres municipis de l'AMB, instal·lant estacions de recàrrega en zones on la renda per càpita és major, i per tant, seria més probable que adquirissin un vehicle elèctric en un futur proper.

En blau s'observen els punts de recàrrega ràpida actuals, en verd podem observar els punts de recàrrega ràpida que s'instal·laran pròximament (Fase 1) i en taronja els punts de recàrrega ràpida proposats a instal·lació a llarg termini (Fase 2). Amb aquesta distribució, l'Ajuntament vol que els usuaris puguin disposar d'un punt gratuït de recàrrega ràpida a menys de 2 km, i així fomentar la utilització del vehicle elèctric. [56]

L'any 2017, com es pot observar a la Figura 12.8, existien 477 connectors públics on podríem recarregar la nostre motocicleta o ciclomotor (connectors Schuko), i 435 connectors destinats a la recàrrega dels demés tipus d'automòbils, tots ells instal·lats, o bé pels diferents ajuntaments metropolitans, o bé per les diferents entitats privades que estan obligades a oferir aquest servei als seus clients.

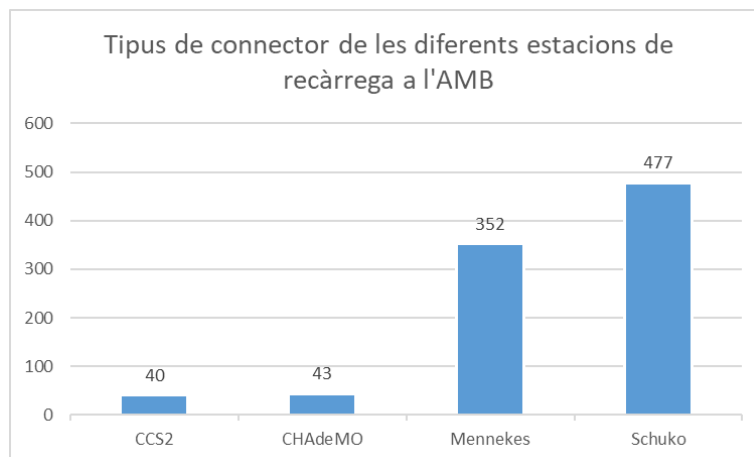


Figura 12.8 Distribució dels diferents tipus de connectors existents a les estacions de recàrrega de l'AMB. [58][59]

D'aquests connectors instal·lats a l'Àrea Metropolitana, no tots són propietat de les administracions públiques, sinó que molts d'ells han sigut instal·lats per entitats privades, com centres comercials, empreses o aparcaments públics, observant com la majoria de connectors destinats a recàrregues lentes provenen d'aquestes estacions de recàrrega, en canvi els punts de recàrrega ràpida són, en la seva majoria, propietat de les entitat pública (Figura 12.9).

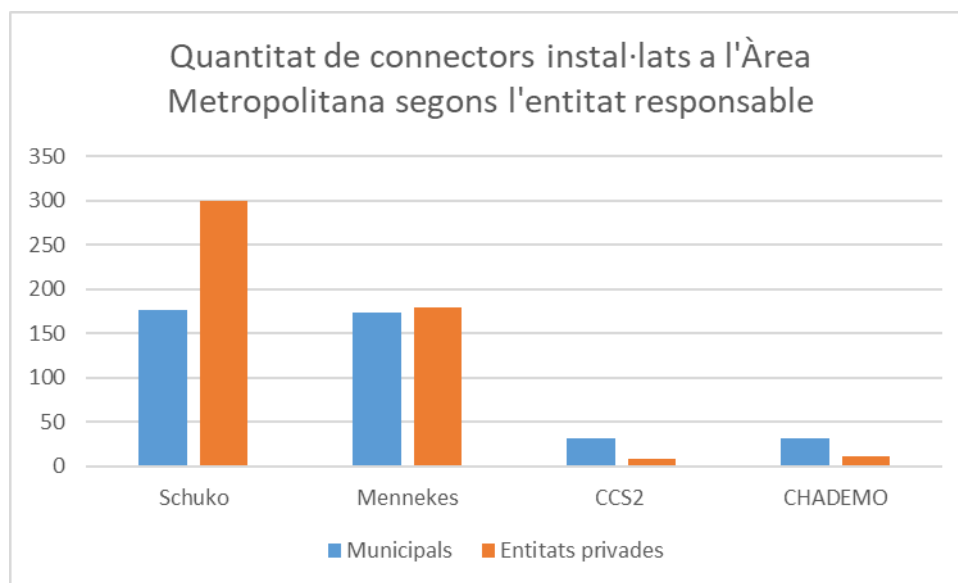


Figura 12.9 Quantitat de connectors instal·lats a l'AMB l'any 2017 segons l'entitat responsable de la seva instal·lació. Font pròpia

12.3 Distribució de les estacions de recàrrega a l'Àrea Metropolitana

L'any 2017 l'Àrea Metropolitana de Barcelona estava equipada amb un total de 215 estacions de recàrrega, constituint un total de 912 connectors on es podia realitzar la recàrrega dels diferents vehicles elèctrics existents.

Com observem a la Figura 12.10, la majoria d'aquestes estacions i per tant d'aquests connectors on poder efectuar les recàrregues a la via pública es troben a la ciutat de Barcelona, sent molt residual la quantitat de connectors desplegats a la resta de l'Àrea Metropolitana.

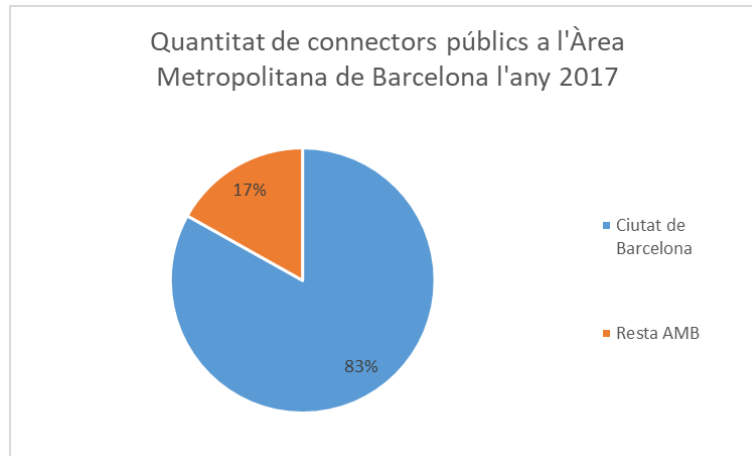


Figura 12.10 Comparació entre la quantitat de connectors existents a la ciutat de Barcelona i la resta de l'AMB. [58][59]

Tenint en compte que aquests carregadors s'utilitzaran fora del domicili dels propietaris dels vehicles elèctrics caldria organitzar la ubicació d'aquestes estacions de recàrrega per tal que cada propietari pugui tenir accés a una estació propera.

Per això caldrà analitzar com es mouen els residents a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (Taula 12.2), per poder establir quina distribució haurà de tenir la xarxa d'estacions de recàrrega.

Taula 12.2 Desplaçaments segons els fluxos a l'AMB realitzats amb transport privat.[60]

Origen	Destinacions		
	Barcelona ciutat	1a corona AMB	2na corona AMB
Barcelona ciutat	635259	213867	66687
1a corona AMB	216004	624339	69654
2na corona AMB	64062	68738	263969
Fora AMB	149470	117465	151007

Analitzant la Taula 12.2 podem establir una distinció entre la quantitat de desplaçaments que es realitzen entre la ciutat de Barcelona i la resta de l'AMB (Figura 12.11Figura 11.12).

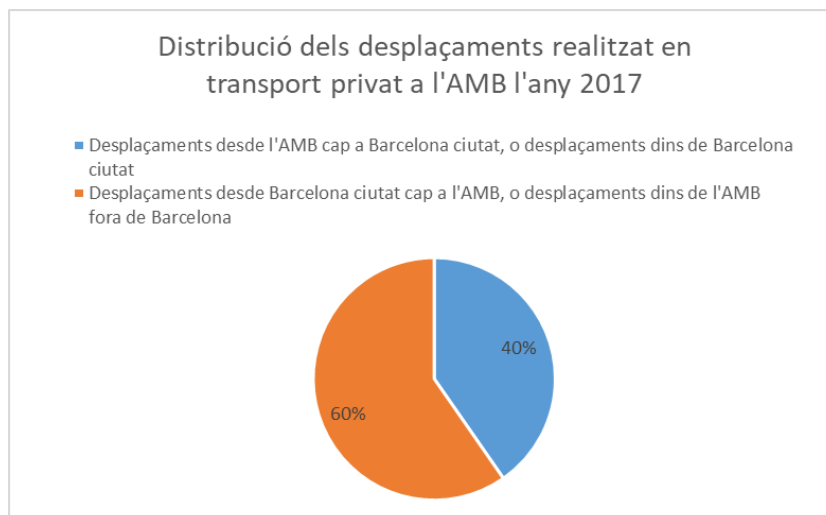


Figura 12.11 Distribució de la quantitat de desplaçaments realitzats a entre l'AMB i Barcelona ciutat. Font pròpia

A la Figura 12.11 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** podem observar com els fluxos de vehicles privats es concentren en un 60% fora de la ciutat de Barcelona, cosa que hauria de relaxar-se en la quantitat de punts de recàrrega instal·lats a l'Àrea Metropolitana, però com podem observar a la Figura 12.10, només un 17% dels connectors instal·lats a l'AMB es troben fora de la ciutat de Barcelona.

Una altra opció seria la recàrrega dels vehicles elèctrics fora del nostre domicili, però al nostre municipi de residència, per tant caldrà estudiar on s'han censat els vehicles elèctrics. (Figura 12.12)

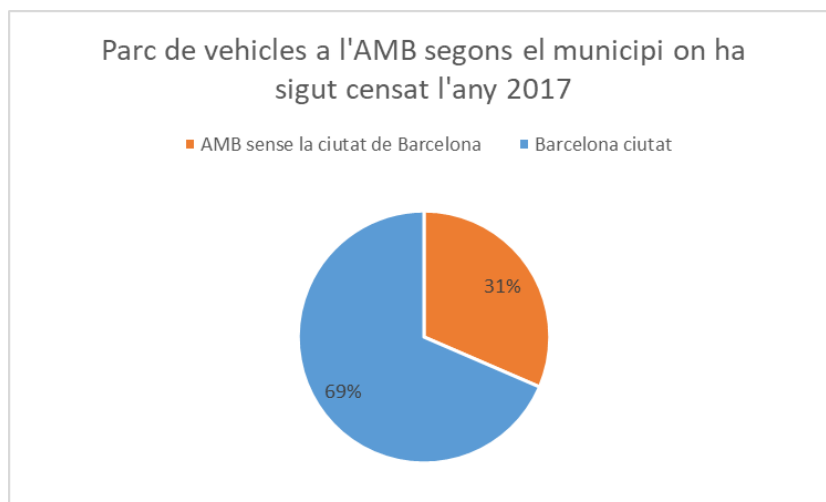


Figura 12.12 Distribució de la quantitat de vehicles segons el lloc on han estat censats. Font pròpia

I encara que a la Figura 12.12 podem observar com el parc de vehicles elèctric censat té un major pes a la ciutat de Barcelona que no pas a les seves rodalies, estudiant més a fons aquestes dades es constata que la majoria de vehicles censats a la ciutat de Barcelona són motocicletes i ciclomotors (un 58% del total de vehicles elèctrics censats a la ciutat), obtenint en la resta de tipus vehicles elèctrics una equitat entre els censats a l'AMB i a Barcelona, per tant, si ens baséssim en aquest criteri per realitzar la

distribució de la xarxa d'estacions de recàrrega, la quantitat de connectors disponibles fora de la ciutat comtal encara serien insuficients, i es necessitarien molts més connectors per recàrregues semi-ràpides o ràpides fora de Barcelona.

12.4 Estacions de recàrrega necessàries als diferents escenaris

Segons l'apartat 23 de la DIRECTIVA 2014/94/UE del Parlament Europeu i del Consell de 22 d'Octubre de 2014 publicada al Diari Oficial de la Unió Europea inclosa també al BOE relativa a la implantació d'infraestructures per la recàrrega de combustibles alternatius, es proposa la instal·lació d'un nombre adequat de punts de recàrrega públics, en particular en estacions de transport públic (com ara terminals de passatgers portuàries, aeroports o estacions de ferrocarril). [61]

A més, els propietaris de vehicles elèctrics depenen, en gran mesura, de l'accés als punts de recàrrega en aparcaments col·lectius, per això com a indicació, el nombre d'estacions de recàrrega adequat ha de ser equivalent, almenys, a **un punt de recàrrega per cada 10 vehicles**, tenint en compte també, el tipus de vehicles i el tipus de tecnologia de recàrrega, és a dir, s'haurà d'instal·lar un punt de recàrrega cada 10 vehicles tenint en compte la potència de recàrrega i si el punt de recàrrega va dirigida cap a ciclomotors o motocicletes (mode 1 o mode 2), o si va dirigida cap a automòbils (mode 3 o mode 4).

Per això aquest apartat 23 proposa que les autoritats públiques prenguin mesures per ajudar els usuaris de vehicles elèctrics assegurant-se que els desenvolupadors i gestors locals proveeixin la infraestructura necessària amb suficients punts de recàrrega.

Per tant suposaré que cada connector permet la recàrrega d'un vehicle i com existeix una limitació de temps per poder estacionar en el punt de recàrrega, per tal que les estacions puguin abastir a diferents vehicles al llarg del dia, es disposaria la estructuració següent:

- Els connector Schuko seran exclusivament utilitzats per ciclomotors i motocicletes,
- Els camions amb un pes menor de 3500 kg utilitzaran exclusivament els connectors CHAdeMO i CCS2.
- Els turismes i furgonetes utilitzaran els connectors Mennekes, CHAdeMO i CCS2.

Els autobusos i el camions amb un pes major de 3500 kg, no podran utilitzar els punts de recàrrega situats en la via pública proveïts per l'administració pública o empreses privades, sinó que disposaran d'estacions de recàrrega exclusives que haurà d'habilitar l'empresa propietària o en el cas del transport públic, estacions instal·lades a les cotxeres o durant la ruta que realitzin.

12.4.1 Estacions de recàrrega necessàries a l'Escenari 1

Amb 96.879 vehicles elèctrics, distribuïts com podem observar a la Taula 12.3 segons el mode de recàrrega que estaran autoritzats per fer servir als espais públics, ens podem fer una idea dels punts de recàrrega que caldrà instal·lar a l'Àrea Metropolitana de Barcelona per poder oferir a la població la possibilitat de recarregar el vehicle a la via pública, seguint les indicacions de la UE.

Taula 12.3 Quantitat dels diferents tipus de vehicles segons el mode de recàrrega que podran fer servir a la via pública a l'escenari 1

Camions <3500kg	Només recàrrega ràpida	4209
Ciclomotors	Només recàrrega lenta	4640
Motocicletes		19575
Furgonetes	Recàrrega semi ràpida i ràpida	5715
Turismes		61758

Tenint en compte les recomanacions de l'UE sobre els punts de recàrrega que cal posar a disposició de la població a la via pública (1 punt de recàrrega cada 10 vehicles elèctrics) podem establir els punts de recàrrega necessaris segons els connectors que els abastiran (Figura 12.13).

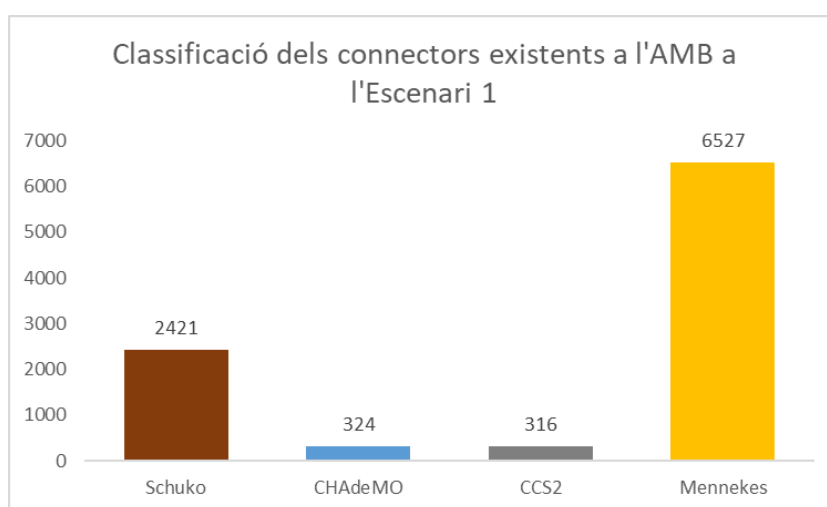


Figura 12.13 Gràfic sobre la distribució dels diferents connectors que equiparan les estacions de recàrrega a l'escenari 1. Font pròpia

Per establir els punts de recàrrega amb connectors CHAdeMO i CCS2 totals en aquest escenari, on només els camions lleugers, els turismes i les furgonetes podran fer-ne ús, he mantingut la relació existent entre el nombre de turismes i cadascun d'aquests 2 tipus de connectors l'any 2017.

12.4.2 Estacions de recàrrega necessàries a l'Escenari 2

Amb 290.636 vehicles elèctrics, distribuïts com podem observar a la Taula 12.4, ens podem fer una idea dels punts de recàrrega que caldrà instal·lar a l'Àrea Metropolitana de Barcelona per poder oferir a la població la possibilitat de recarregar el vehicle a la via pública.

Taula 12.4 Quantitat dels diferents tipus de vehicles segons el mode de recàrrega que podran fer servir a la via pública a l'escenari 2. Font pròpia

Camions <3500kg	Només recàrrega ràpida	25251
Ciclomotors	Recàrrega lenta	27837
Motocicletes		117450
Furgonetes	Recàrrega semi ràpida i ràpida	34287
Turismes		370544

Tenint en compte les recomanacions de l'UE sobre els punts de recàrrega que cal posar a disposició de la població a la via pública (1 punts de recàrrega cada 10 vehicles elèctrics) podem establir els punts de recàrrega necessaris segons els connectors que els abastiran (Figura 12.14).

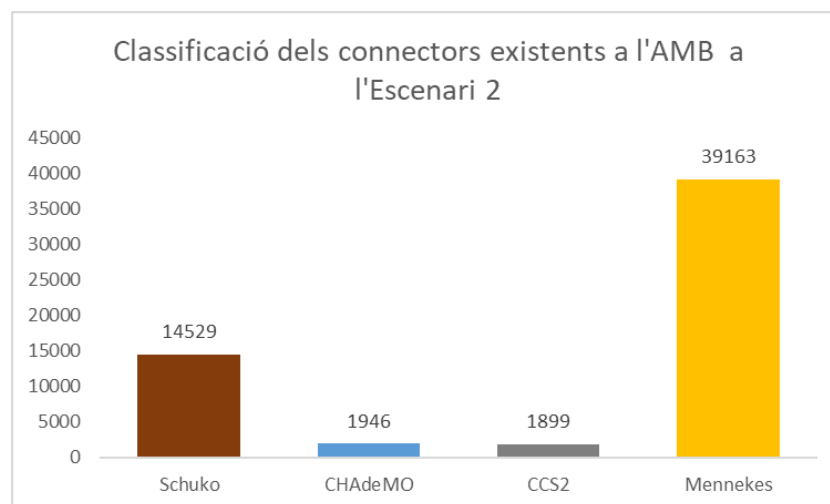


Figura 12.14 Gràfic sobre la distribució dels diferents connectors que equiparan les estacions de recàrrega a l'escenari 2. Font pròpia

12.4.3 Estacions de recàrrega necessària a l'Escenari 3

Amb 968.786 vehicles elèctrics, distribuïts com podem observar a la Taula 12.5, ens podem fer una idea dels punts de recàrrega que caldrà instal·lar a l'Àrea Metropolitana de Barcelona per poder oferir a la població la possibilitat de recarregar el vehicle a la via pública.

Taula 12.5 Quantitat dels diferents tipus de vehicles segons el mode de recàrrega que podran fer servir a la via pública a l'escenari 3. Font pròpia

Camions <3500kg	Només recàrrega ràpida	42086
Ciclomotors	Carrega lenta	46396
Motocicletes		195750
Furgonetes	Carrega semi ràpida i ràpida	57146
Turismes		617574

Tenint en compte les recomanacions de l'UE sobre els punts de recàrrega que cal posar a disposició de la població a la via pública (1 punts de recàrrega cada 10 vehicles elèctrics) podem establir els punts de recàrrega necessaris segons els connectors que els abastiran (Figura 12.15).

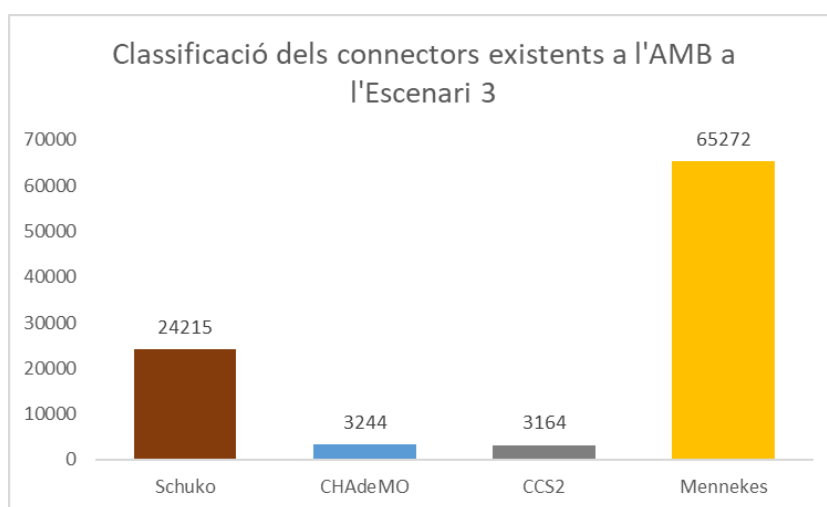


Figura 12.15 Gràfic sobre la distribució dels diferents connectors que equiparan les estacions de recàrrega a l'escenari 3. Font pròpia

12.4.4 Estacions de recàrrega necessària a l'Escenari 4

Amb tot el parc de vehicles existent l'any 2017 a l'AMB elèctric (lo que suposa un total de 1.937.572 vehicles), distribuïts com podem observar a la Taula 12.6, ens podem fer una idea dels punts de recàrrega que caldrà instal·lar a l'Àrea Metropolitana de Barcelona per poder oferir a la població la possibilitat de recarregar el vehicle a la via pública.

Taula 12.6 Quantitat dels diferents tipus de vehicles segons el mode de recàrrega que podran fer servir a la via pública a l'escenari 4. Font pròpia

Camions <3500kg	Només recàrrega ràpida	84171
Ciclomotors	Recàrrega lenta	92791
Motocicletes		391499
Furgonetes	Recàrrega semi ràpida i ràpida	114291
Turismes		1235148

Tenint en compte les recomanacions de l'UE sobre els punts de recàrrega que cal posar a disposició de la població a la via pública (1 punts de recàrrega cada 10 vehicles elèctrics) podem establir els punts de recàrrega necessaris segons els connectors que els abastiran (Figura 12.16).

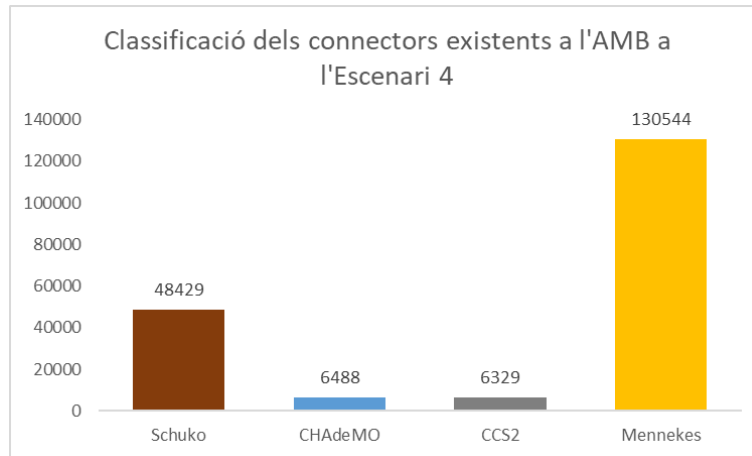


Figura 12.16 Gràfic sobre la distribució dels diferents connectors que equiparan les estacions de recàrrega a l'escenari 4. Font pròpia

12.5 Inversió derivada de la instal·lació de les estacions de recàrrega necessàries en els diferents escenaris

La inversió necessària per poder abastir l'AMB dels connectors necessaris per poder construir una xarxa d'estacions de recàrrega que pugui abastir al total de vehicles elèctrics descrits en el diferents escenaris es pot veure reflectida a la Figura 12.17, on podem observar com la inversió dels connector Mennekes utilitzats bàsicament per la recàrrega de turismes i furgonetes serà el més elevat en tots els escenaris.

La localització d'aquests punts de recàrrega serà divers, des de estacions de transport públic, electrolinereres, centres comercial o aparcaments públics.

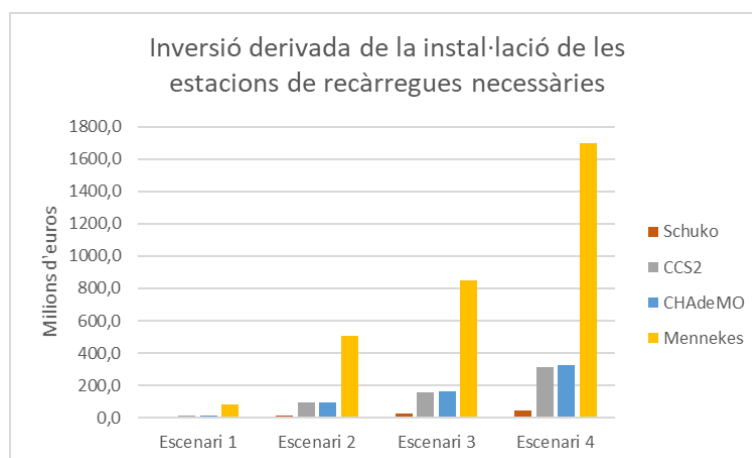


Figura 12.17 Cost de la instal·lació de les estacions de recàrrega públiques necessàries en els diferents escenaris. Font pròpia

Aquesta inversió per la instal·lació de les estacions de recàrrega no serà íntegrament responsabilitat de les entitats administratives de l'Àrea Metropolitana, que sinó també s'hauran de fer càrrec les entitats privades que estiguin obligades per llei a tenir punts de recàrrega als seus aparcaments per poder oferir als seus clients aquest servei.

L'any 2017 les entitats privades constituïen el 55% del total de connectors instal·lats a tota l'AMB, per això si aquesta distribució es manté constant al llarg del anys podríem dir que les entitats públiques haurien de fer-se càrrec igualment del 71% de la inversió esmentada a la Figura 12.17, en cada escenari; aquest elevat percentatge es degut a que la majoria de connectors de recàrrega ràpida i semi-ràpida (tenen un cost més elevat) corresponen a estacions de recàrrega dirigides per les administracions públiques. Aquests costos derivats de la construcció d'una xarxa de recàrrega pels vehicles elèctrics són molt elevats, i per tant caldrà realitzar una sèrie de canvis o redistribucions per tal d'evitar un impacte econòmic que faci inviable aquestes construccions.

El finançament d'aquests punts de recàrrega pot ser un obstacle, especialment aquells en carreteres i autopistes que no pertanyin a cap municipi en concret i que, a més, han d'estar abastits amb les potències més elevades, per tal de no forçar aturades excessivament llargues dels viatgers. Des de l'administració s'apunta a realitzar un acord amb les empreses energètiques per tal de facilitar una reducció del cost de la potència elèctrica contractada utilitzada en la recàrrega de vehicles elèctrics.

S'observa que una solució podria ser canviar les gasolineres actuals per electrolineres d'una manera progressiva però com es pot observar en el número de connectors calculat anteriorment, el número d'electrolineres necessàries seria bastant superior a la quantitat de gasolineres actuals ubicades a l'AMB, encara que s'ubiquessin entre 10 i 15 connectors en cada benzinera. Actualment, ja s'està posant en marxa aquesta iniciativa mitjançant la llei de Canvi Climàtic i Transició Energètica, per la qual, les benzineres tindran que incorporar punts de recàrrega a les seves instal·lacions o afrontar multes inassolibles.

En el cas dels punts de recàrrega no municipals, l'entitat responsable s'haurà de fer càrrec del cost de la instal·lació. Per això mitjançant el pla Movea també proporcionarà ajudes per aquelles entitats privades que instal·lin punts de recàrrega elèctrica per a vehicles elèctrics als seus establiments, l'ajut serà del 30% o del 40% del cost subvencionable, segons el tipus de beneficiari, amb un límit de 100000€. A més, hi ha un pressupost de 3.500.000 euros per als punts de càrrega semi-ràpids que s'instal·len a les empreses privades.

Per part del govern, caldrà ajustar pressupostos per tal d'aconseguir el finançament necessari, ja sigui pujant impostos derivats de la mobilitat en vehicles convencionals, com per exemple una pujada de l'impost de la gasolina i/o el dièsel, o una pujada de l'impost de circulació pels vehicles que emeten emissions de CO₂. [70]

13 COST DE RECÀRREGA DEL VEHICLE ELÈCTRIC

En els cas dels vehicles elèctrics l'abastiment del combustible necessari per generar el moviment del motor prové de la xarxa elèctrica, per tant caldrà estudiar quin és el cost de poder recarregar el nostre vehicle elèctric envers del cost que fins ara ens podia costar recarregar un vehicle dièsel o gasolina.

L'1 d'abril de 2014, es va aprovar la normativa reguladora del nou sistema per determinar el cost energètic de la factura de la llum, el preu voluntari per al petit consumidor (PVPC). En aquest sentit, la Red Elèctrica Espanyola publica obertament els preus horaris del termini d'energia que s'apliquen en la factura elèctrica dels consumidors amb una potència contractada no superior a 10 kW.

És a dir, els usuaris dels turismes, motocicletes, ciclomotors i furgonetes podran realitzar aquestes recàrregues als seus propis domicilis utilitzant (per general) aquesta regulació.

La factura elèctrica esta composta per:

- El preu de producció d'electricitat.
- Els peatges: són una suma econòmica establerta pel Ministeri d'indústria per pagar totes les activitats necessàries per portar el subministrament elèctric a les nostres llars i la resta de les despeses suportades pel sistema elèctric.
 - o 2.0.A. és la tarifa per defecte, és la tarifa per aquelles persones on la seva demanda d'electricitat es distribueix al llarg de tot el dia
 - o 2.0.DHA. és la tarifa per aquelles persones que consumeixen més d'un 30% de la seva demanda d'energia elèctrica durant l'horari vall (22h-12h durant l'hivern i 23h-13h durant l'estiu)
 - o 2.0.DHS és la tarifa per aquelles persones que consumeixen més d'un 30% de la seva demanda d'energia elèctrica durant l'horari vall (22h-12h durant l'hivern i 23h-13h durant l'estiu).



Figura 13.1 Distribució horària dels tres períodes de la tarifa 2.0.DHS. [62]

Si observem la variació horària del preu de l'electricitat segons les diferents tarifes, podem constatar com les tarifes 2.0.DHA i 2.0.DHS, són les més econòmiques, però com s'observa durant les hores super vall la tarifa 2.0.DHS és encara més econòmica que la tarifa 2.0.DHA (Figura 13.2).

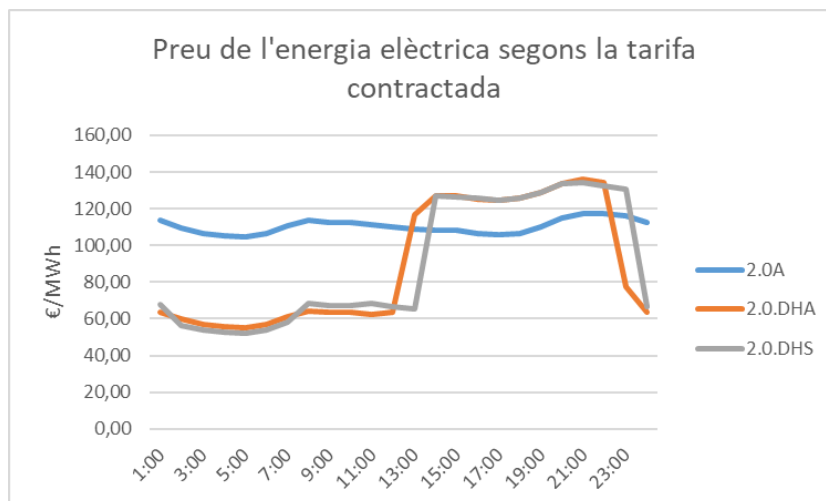


Figura 13.2 Evolució del preu mitjà de l'energia elèctrica al mes de Març l'any 2017 segons la tarifa contractada. [43]

Per tant suposaré que tots els propietaris dels vehicles elèctrics esmentats anteriorment s'acolliran a la **tarifa 2.DHS**.

Per poder calcular el cost diari real de la recàrrega dels vehicles elèctrics al mes de Març l'any 2017 caldrà utilitzar l'Equació 13.1 mitjançant les dades de consum d'energia elèctrica diària obtingudes a l'Apartat 11.1.

11.2

Equació 13.1 Càlcul del cost de recàrrega dels vehicles elèctrics a l'AMB

$$\text{Cost recàrrega vehicle elèctric} = \text{Preu unitari tarifa} \times \text{Consum d'electricitat}$$

On:

Cost recàrrega vehicle elèctric

Cost de recarrega d'un vehicle elèctric a l'AMB (€)

Preu unitari tarifa

Preu de la tarifa d'electricitat a la qual ens acollirem (€/MWh)

Consum d'electricitat

Consum d'energia elèctrica dels diferents tipus de vehicles elèctrics (MWh)

Figura 13.3 ens indica el cost diari que resulta de recarregar cada tipus de vehicle elèctric segons el seu tipus en hora punta, i en canvi, la Figura 13.4 ens mostra el cost de realitzar la mateixa recàrrega en hores super vall, durant un dia qualsevol del passat mes de Març de l'any 2017.

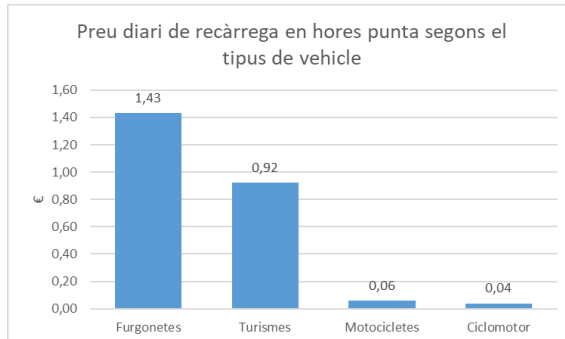


Figura 13.3 Preu diari de recàrrega dels nostres vehicles elèctrics amb una tarifa 2.0.DHS en hores punta. Font pròpia

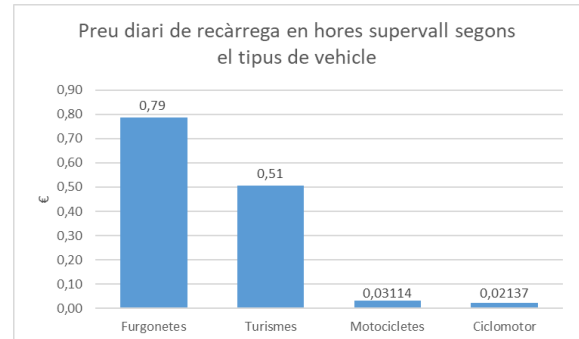


Figura 13.4 Preu diari de recàrrega dels nostres vehicles elèctrics amb una tarifa 2.0.DHS en hores super vall. Font pròpia

Com es pot observar l'any 2017 recarregar els vehicles elèctrics als domicilis particulars en hora super vall suposava un estalvi de fins un 45% respecte de les mateixes recàrregues en hores punta, aconllint-se totes dues recàrregues a la tarifa 2.0.DHS, per tant, és pot observar un estalvi molt considerable que podran gaudir aquells usuaris que disposin d'una potència contractada limitada i recarreguin el seu vehicle durant aquestes hores nocturnes.

13.1 Comparació del cost de recàrrega dels vehicles elèctric envers dels vehicles dièsel-gasolina als domicilis.

Fent una comparació entre els preus de recàrrega diari del nostre vehicle elèctric en horari super vall (serà l'horari preferent per realitzar aquestes recàrregues), i el cost diari de carburant necessari per la mobilitat dels vehicles convencionals, observem a la Figura 13.5, com el preu d'aquests últims és molt superior a la recàrrega dels vehicles elèctrics.

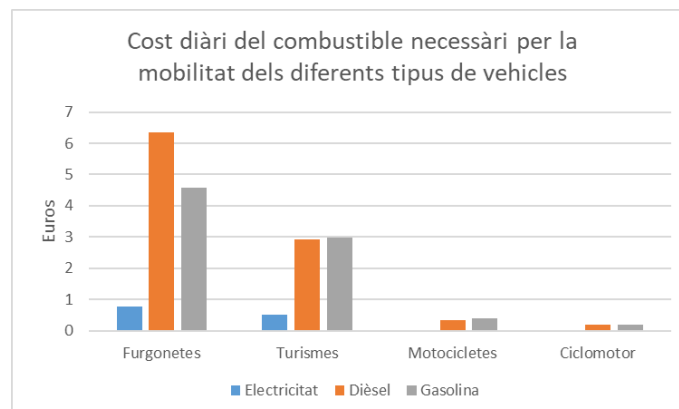


Figura 13.5 Cost diari necessari per permetre la mobilitat dels diferents tipus de vehicles a l'Àrea Metropolitana. Font pròpia

Aquesta seria el principal avantatge econòmic que proporcionaria la incorporació dels vehicles elèctrics als usuaris en la societat actual, tot i que, aquests valors tan reduïts en el cost d'energia elèctrica podrien augmentar a la vegada que augmenta la demanda, per tant, si es vol que aquests preus continuïn amb aquesta tendència s'haurà d'augmentar la capacitat de produir energia elèctrica.

13.2 Cost de recarregar els vehicles elèctrics a les estacions de recàrrega municipals.

Segons indica l'Institut Català d'Energia el cost de subministrament d'electricitat als vehicles elèctrics per a la seva recàrrega a la via pública és l'estimat a la Taula 13.1 Taula 12.1, per tant, com en aquest cas no podem saber exactament l'evolució del preu de l'electricitat durant el dia, prendrem aquestes dades diàries tenint en compte la utilització mitjana que tindrà cada tipus d'estació de recàrrega per fer una estimació del cost diari que suposarà recarregar els vehicles elèctrics privats en els diferents escenaris.

Taula 13.1 Preu diari derivat de la recàrrega dels vehicles elèctrics privats en els diferents modes de recàrrega a la via pública. [50]

<i>Mode de recàrrega</i>	<i>Mitjana de recàrregues diàries</i>	<i>Preu diari</i>
<i>Lenta (Schuko)</i>	1 recàrregues	1€
<i>Semi ràpida (Mennekes)</i>	3 recàrregues	5,5€
<i>Ràpida (CCS2, CHAdeMO, Mennekes)</i>	4 recàrrega	22€

Per tant analitzant la quantitat de connector necessaris establerts a la Figura 12.13, Figura 12.14, Figura 12.15, i a la Figura 12.16 podem obtenir el cost derivat del consum d'electricitat durant la recàrrega dels vehicles elèctrics al dia en els diferents escenaris.

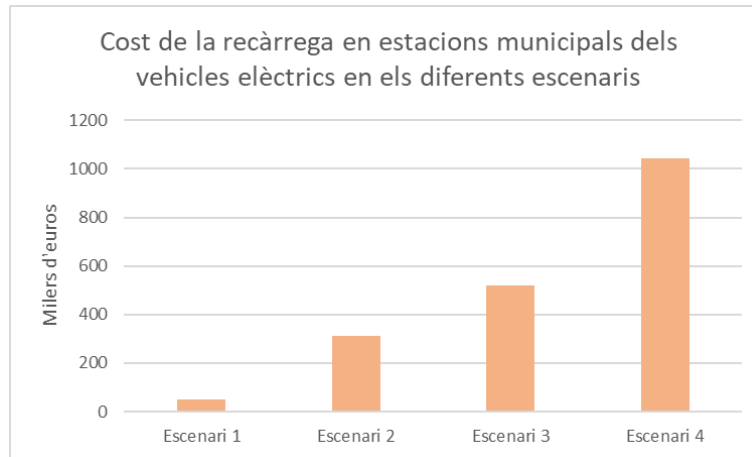


Figura 13.6 Gràfic sobre el cost diari derivat de recarregar els diferents vehicles privats en els diferents escenaris proposats a l'AMB. Font pròpia

Com es pot observar el cost que haurà de suportar l'Àrea Metropolitana per poder seguir establint les recàrregues gratuïtes pels propietaris dels vehicles elèctrics en les diferents estacions existents serà molt elevat, per tant, tard o d'hora s'haurà d'establir un preu regulat per poder realitzar la recàrrega dels diferents vehicles elèctrics, a més de buscar alternatives per poder sostenir tota aquesta energia elèctrica demandada.

13.2.1 Metrolineres i ferrolineres

Una opció que cada cop esta reben més importància, consisteix en la reconversió de l'electricitat sobrant d'altres mitjans de transport que es propulsen mitjançant l'energia elèctrica, com podrien ser el metro o bé els ferrocarrils, utilitzant l'energia cinètica generada durant la frenada d'aquests combois per poder emmagatzemar-la i distribuir-la a les diferents estacions de recàrrega. Així aprofitaríem aquest excedent d'energia elèctrica per poder utilitzar-la com una font d'energia alternativa, i poder reduir la seva producció i per tant la contaminació derivada.

L'opció de les metrolineres es troba en fase experimental, i encara no ha tingut una gran transcendència, tot i que l'any 2014, Madrid va instal·lar la primera estació de recàrrega pels vehicles elèctrics que proporcionava l'electricitat d'aquesta forma. Per això, potser una mesura que irrompria amb força per tal de relaxar el consum d'electricitat del metro, seria la instauració de sistemes de recuperació d'electricitat a les estacions del metro de Barcelona.

S'estima que cada equip de recuperació d'electricitat instal·lat a cada estació de metro podria reduir fins a 650 MW/h anuals el consum total anual del metro. Actualment ja existeixen algunes estacions que disposen d'aquests sistemes de recuperació com podria ser totes les estacions de la línia 9, i 2 estacions de les línies 3 i 4. S'estima que la inversió d'aquesta instal·lació podria amortitzar-se en aproximadament 6 anys, degut a la reducció de la facturació energètica.

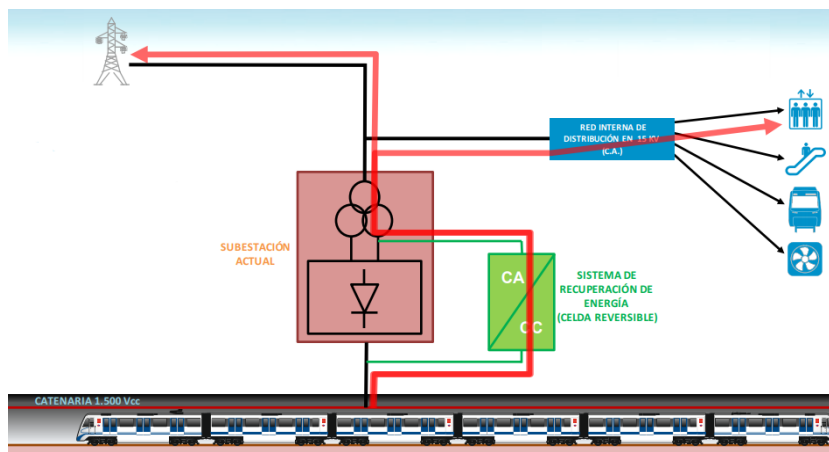


Figura 13.7 Sistema de recuperació d'energia mitjançant la frenada regenerativa.

Exactament igual succeeix amb els ferrocarrils, es tracta d'un sistema patentat que permet crear estacions de recàrrega de vehicles elèctrics, l'energia de la qual s'abasteixen s'obté a partir de l'energia generada pels trens quan frenen. Una part de l'energia obtinguda durant el procés de frenada elèctrica s'aprofita per altres trens, mentre que la restant es dissipa en forma de calor en las resistències que porta el comboi al seu sostre. Aquesta energia es captada per la ferrolinera i utilitzada per alimentar las bateries dels vehicles connectats a les estacions de recàrrega. Els pronòstics de la companyia suggereixen que les estacions podrien mantenir una mitjana de 25 punts de recàrrega.[63]

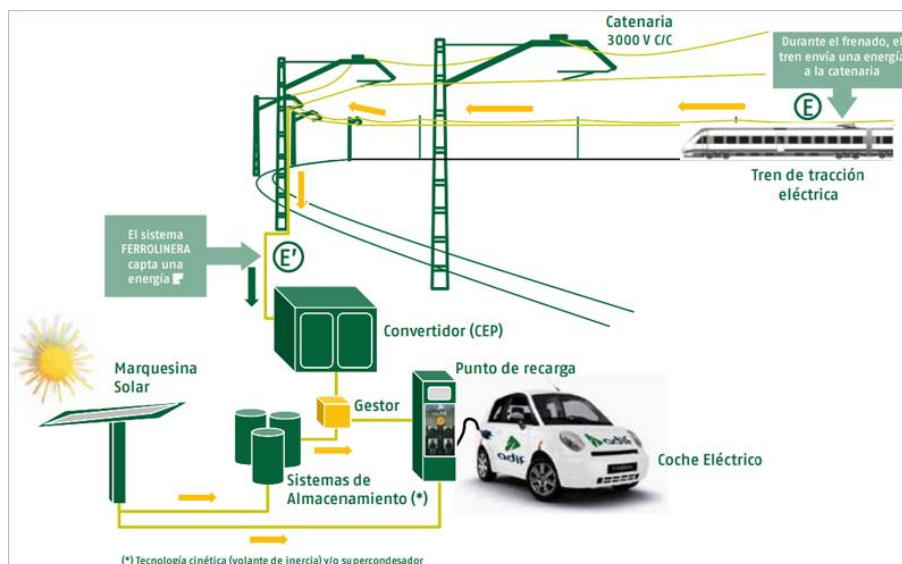


Figura 13.8 Esquema sobre el funcionament de les ferrolineras.[63]

Com observem, actualment a l'AMB existeixen un total de 165 estacions de metro, 77 estacions de Rodalies de Catalunya, 30 estacions de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya. A més, com es reflecteix a la Figura 13.9, la majoria d'aquestes estacions estan cobertes per més d'una línia de metro

i/o rodalies, per tant es suposa un gran flux de combois a les estacions, per tant, una gran capacitat d'aprofitar energia durant les frenades a les estacions.

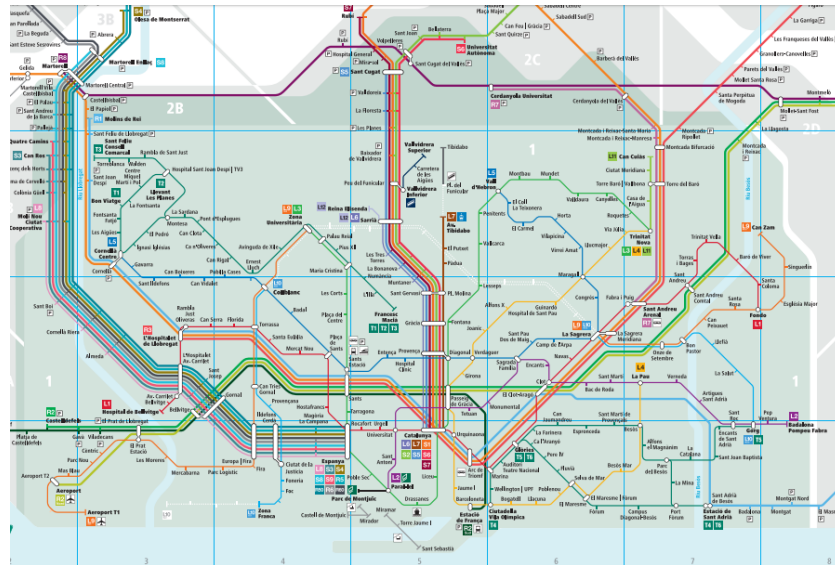


Figura 13.9 Mapa de les estacions del transport públic col·lectiu metropolità.[71]

Per tant, si tenim en compte la quantitat d'estacions de metro i FGC actuals a l'ÀMB, i la quantitat d'energia elèctrica que es podria estalviar a cadascuna, obtindríem un total de 126,75 GWh anuals sobrants que podrien destinar-se a la recàrrega dels vehicles elèctrics. I en el cas dels trens de rodalies de Catalunya podrien abastir d'electricitat fins a 1925 punts de recàrrega on la majoria d'aquests proporcionarien recarregues ràpides (45 kW).

14 Anàlisi de l'impacte ambiental

La incrementació del parc de vehicles elèctrics a l'Àrea Metropolitana de Barcelona produirà conseqüències al medi ambient d'aquesta regió, sobretot en la quantitat de gasos contaminants i d'efecte hivernacle que s'expulsaran a l'atmosfera, per tant, és necessari fer un estudi dels avantatges i inconvenients que caldrà afrontar als diferents escenaris.

Els principals gasos que emet un vehicle convencional a l'atmosfera són el monòxid de carboni (CO), els òxids de nitrogen (NOx), els hidrocarburs no cremats (HC), el diòxid de sofre, algunes partícules sòlides, i el diòxid de carboni (CO₂), i tal com especifica la Unió Europea, els mitjans de locomoció són responsables del 25% del diòxid de carboni (CO₂) i el 66% del òxid de nitrogen (NOx) de les emissions totals d'aquests gasos a l'atmosfera.

No tots els vehicles emeten aquests diferents tipus de gasos contaminants en la mateixa proporció, com ho demostra el fet que els vehicles de gasolina emeten principalment monòxid de carboni (CO), diòxid de carboni (CO₂) i òxids de nitrogen (NOx), mentre que, els vehicles que utilitzen dièsel emeten sobretot òxids de nitrogen (NOx), algunes partícules sòlides i diòxid de Carboni (CO₂).

En canvi, el principal tret contaminant que es pot associar a la propulsió dels vehicles elèctrics prové de la seva recàrrega, degut a que la producció d'energia elèctrica per part de les diferents font generadores va associat en alguns casos d'emissions de gasos d'efecte hivernacle (gairebé més del 80% dels gasos d'efecte hivernacle que es produeixen durant la generació d'electricitat a Espanya corresponen a CO₂, i un 5% prové de les emissions de N₂O). Per això cal estudiar la dependència que el sistema elèctric té de les fonts de generació contaminants i quines solucions es podrien aplicar per reduir les emissions.

Els òxids de nitrogen són un grup de gasos compostos d'òxid nítric (NO) i diòxid de nitrogen (NO₂), entre els quals també podem trobar l'òxid nítrós (N₂O), un gas que potencia l'efecte hivernacle. Aquests gasos es formen en els processos de combustió en els vehicles de motor i les centrals elèctriques. Són un conjunt de gasos tòxics, irritants i precursors de la formació de partícules de nitrats, que impliquen la producció d'àcids. Aquestes concentracions de NOx són parcialment responsables d'aquest núvol tòxic, que cobreix la ciutat durant els dies on la contaminació és més elevada.

Per tant, per poder analitzar i comparar l'impacte ambiental de la inserció dels vehicles elèctrics, es realitzarà una comparació de les emissions de CO₂ (més del 82% de les emissions dels gasos d'efecte hivernacle són CO₂) que es generarien al connectar els vehicles elèctrics a la xarxa als diferents escenaris, i el descens d'emissions d'aquest gas al reduir el parc de vehicles convencional. Per una altra banda, també s'estudiarà el descens de les emissions dels gasos contaminants (els òxids de nitrogen

(NO_x) provinents de la combustió dins dels motors dels vehicles convencionals als diferents escenaris, i l'augment del N₂O derivat de la generació d'electricitat.

Com podem observar a la Figura 14.1, les diverses fonts de generació d'electricitat que cobreixen la demanda d'energia elèctrica al sistema elèctric peninsular tenen un pes diferent segons la hora del dia, per tant si recarreguem el nostre vehicle elèctric en unes hores concretes, es veurà reflectit en les emissions de CO₂ generades, per tant, també caldrà estudiar com realitzar aquestes recàrregues per tal de produir el menor impacte possible sobre el medi ambient.

Les dades sobre la distribució horària de la generació d'energia elèctrica han estat ajustades a l'Àrea Metropolitana de Barcelona mitjançant la relació entre el consum anual total d'energia elèctrica a nivell estatal i a nivell metropolità.

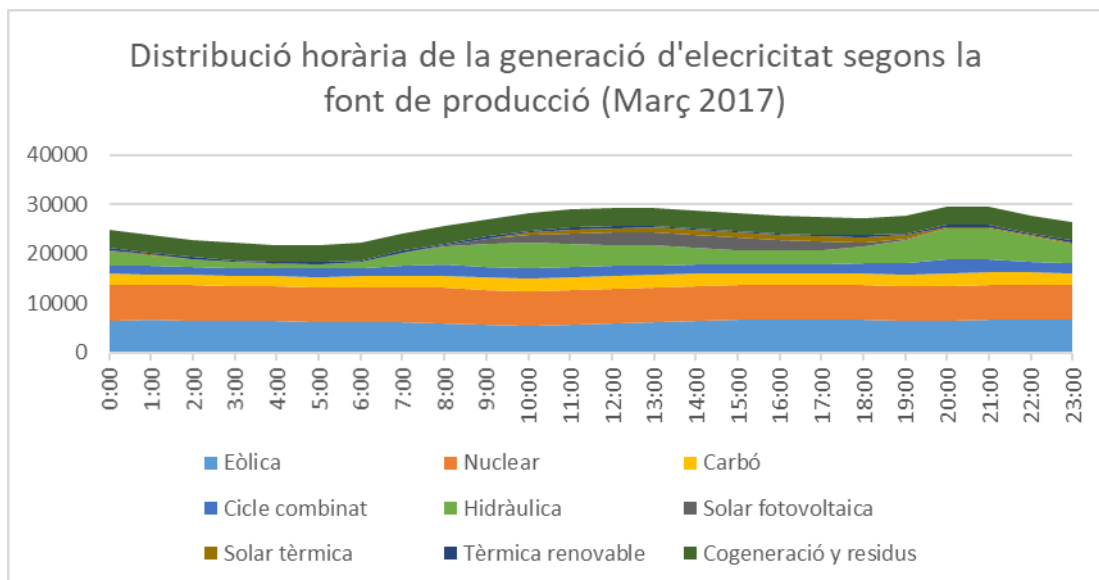


Figura 14.1 Distribució horària de la generació d'electricitat segons la seva font de generació al mes de Març de 2017. Font pròpia

14.1 Emissions dels gasos d'efecte hivernacle i altres contaminants provinents del parc de vehicles a l'Àrea Metropolitana l'any 2017.

Primer caldrà estudiar quines van ser les emissions de CO₂ per part del transport de carretera a l'AMB l'any 2017, per poder comparar l'evolució de les emissions d'aquest gas d'efecte hivernacle als diferents escenaris proposats.

Per obtenir les emissions de CO₂ que provocarà el consum de tot aquest combustible per part dels vehicles convencionals l'any 2017, caldrà utilitzar l'Equació 14.1.

$$\text{Emissions de CO}_2 \text{ anual} = \text{Factor d'emissions} \times \text{Consum anual}$$

Equació 14.1 Càlcul de les emissions de CO₂ anual per part dels vehicles dièsel i gasolina a l'Àrea Metropolitana de Barcelona

On:

Consum anual	<i>Consum de combustible anual dels vehicles (litres/any o kWh/any)</i>
Factor d'emissions	<i>Factor d'emissions del tipus de carburant (kg CO₂/litres o kg CO₂/kWh)</i>
Emissions de CO ₂	<i>Emissions de CO₂ totals a l'atmosfera per part dels diferents parc de vehicles (kt CO₂/any)</i>

Sabem que el factor d'emissions associat a la gasolina i el dièsel és constant, però que en canvi, el factor d'emissions de CO₂ de la generació de l'electricitat depèn del tipus de font que s'explota per la producció d'aquesta, per tant, s'haurà de calcular el factor d'emissions específic per l'any 2017 (Equació 14.2).

$$\text{Factor d'emissions de l'energia elèctrica} = \frac{\text{Total d'emissions de CO}_2 \text{ anual}}{\text{Producció d'energia elèctrica anual}}$$

Equació 14.2 Càlcul del factor d'emissions de la generació d'energia elèctrica l'any 2017 al sistema elèctric peninsular. Font pròpia

On:

Producció d'energia elèctrica anual	<i>Quantitat d'energia elèctrica produïda sense diferenciar la font de procedència (kWh/any)</i>
Factor d'emissions de l'energia elèctrica	<i>Quantitat de CO₂ emès a l'atmosfera per kWh produït (kg CO₂/kWh)</i>
Total d'emissions de CO ₂	<i>Emissions de CO₂ anual a l'atmosfera a causa de la producció d'energia elèctrica per part de les fonts contaminants (kg CO₂/any)</i>

Per obtenir el factor d'emissions de CO₂ (Equació 14.2) de l'energia elèctrica s'ha de classificar la generació d'aquesta segons la font de producció d'on provingui (Figura 14.2), per així saber quina quantitat d'energia elèctrica prové de fonts contaminants. Agrupant la generació d'electricitat de les

diverses fonts, obtenim una producció total d'energia elèctrica al sistema elèctric peninsular l'any 2017 de 248124,5 GWh.

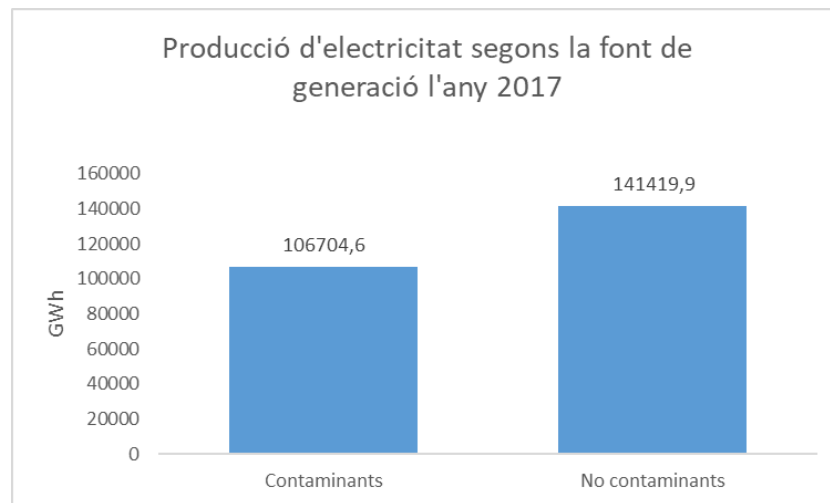


Figura 14.2 Distribució de la generació d'electricitat segons la seva font de producció. Dades referents al sistema elèctric peninsular. Font pròpia

Per saber quin és el valor del factor d'emissions, caldrà incidir en el pes de les fonts contaminants, i estudiar les emissions de CO₂ que aquestes fonts alliberen a l'atmosfera anualment durant la generació d'electricitat (Figura 14.3|**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

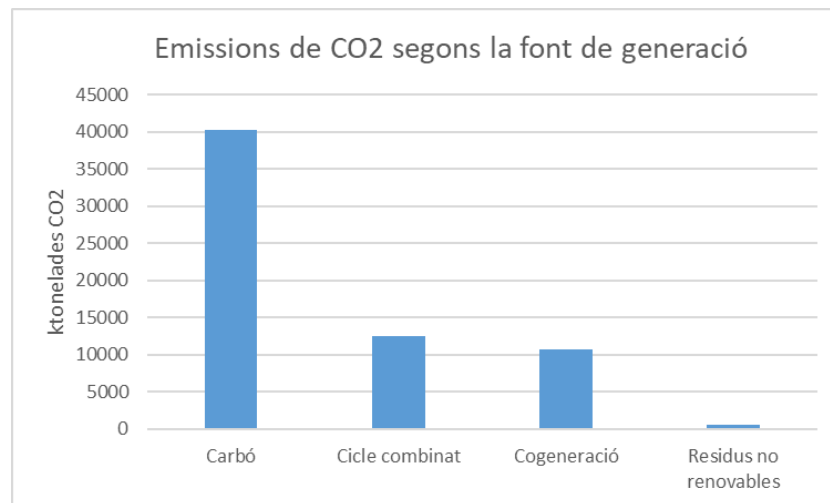


Figura 14.3 Gràfic sobre les emissions anuals de CO₂ a l'atmosfera de les diferents fonts contaminants. Font pròpia

Un cop calculat el factor d'emissions de l'energia elèctrica, ja es podria obtenir la quantitat d'emissions de CO₂ provinent del transport de carretera, segons el seu tipus de propulsió (

Taula 14.1).

Taula 14.1 Resum sobre els càlculs de les emissions de CO2 per part del parc de vehicles a l'AMB l'any 2017

Tipus de carburant	Factor d'emissions (kg CO2/litres)	Consum anual	Quantitat CO2 expulsat (kt CO2/any)
Gasolina	2,18	640,61 milions de litres	1396,54
Dièsel	2,52	1103,88 milions de litres	2781,77
Electricitat	0,26	13,90 GWh	3,59

*Tots els càlculs s'han realitzat mitjançant les dades referents al sistema elèctric peninsular, és a dir, s'ha calculat el factor d'emissions de CO2 del conjunt del sistema peninsular.

Per una altra banda, i per tal de poder comparar la reducció dels gasos contaminants als posteriors escenaris, caldrà calcular la quantitat d'emissions a l'atmosfera dels òxids de nitrogen per part dels vehicles de carretera l'any 2017 a l'AMB.

Taula 14.2 Factor d'emissions dels gasos NOx en la generació d'electricitat al sistema elèctric peninsular l'any 2017.[64]

Factor d'emissions de la generació d'electricitat (g/kWh)	
NOx	0,235

Taula 14.3 Factor d'emissions de NOx dels vehicles de carretera convencionals.[65]

Tipus de vehicle	Combustible	g NOx/litres combustible
Turismes	Gasolina	6,53
	Dièsel	10,79
Motocicletes i ciclomotors	Gasolina	4,96
Vehicles > 3500 kg	Dièsel	27,78
Vehicles < 3500 kg	Dièsel	11,01
	Gasolina	11,15

Utilitzant els factors esmentats a la Taula 14.2 i a la Taula 14.3, i el consum anual del parc de vehicles de carretera a l'Àrea Metropolitana l'any 2017 amb l'Equació 14.1 obtenim una emissió total de 16,72 quilotones de NOx per part dels vehicles dièsel, un total de 4,36 quilotones per part dels vehicles gasolina, i 3,27 tones per part de la recàrrega dels vehicles elèctric.

14.2 Emissions anuals dels vehicles de carretera a l'AMB als diferents escenaris

Un dels trets fonamentals d'aquest estudi és poder comparar la quantitat d'emissions de CO2 i d'altres gasos contaminants a mesura que s'augmenti el parc de vehicles elèctrics a l'AMB, per això,

s'estudiaran les emissions de CO₂ alliberades a l'atmosfera derivades de la recàrrega dels vehicles elèctrics en els diferents escenaris, per així poder comparar-les amb les emissions que desprenen els vehicles convencionals, i poder observar si la reducció d'aquest gas és tant extraordinari com s'estima, a més de poder observar la reducció d'altres gasos contaminants que els vehicles convencionals i les centrals generadors d'electricitat emeten a l'atmosfera.

Realitzant els càlculs descrits anteriorment a l'apartat 14.1 però amb la quantitat de vehicles descrits als diferents escenaris, podem comparar les emissions de CO₂ representades a la Figura 14.4.

Taula 14.4 Resum de la reducció d'emissions de CO₂ als diferents escenari per part dels vehicles de carretera respecte l'any 2017. Font pròpia

	Escenari 1	Escenari 2	Escenari 3	Escenari 4
Reducció de les emissions de CO ₂ respecte les emissions reals l'any 2017	3,52%	9,41%	30,04%	59,50%

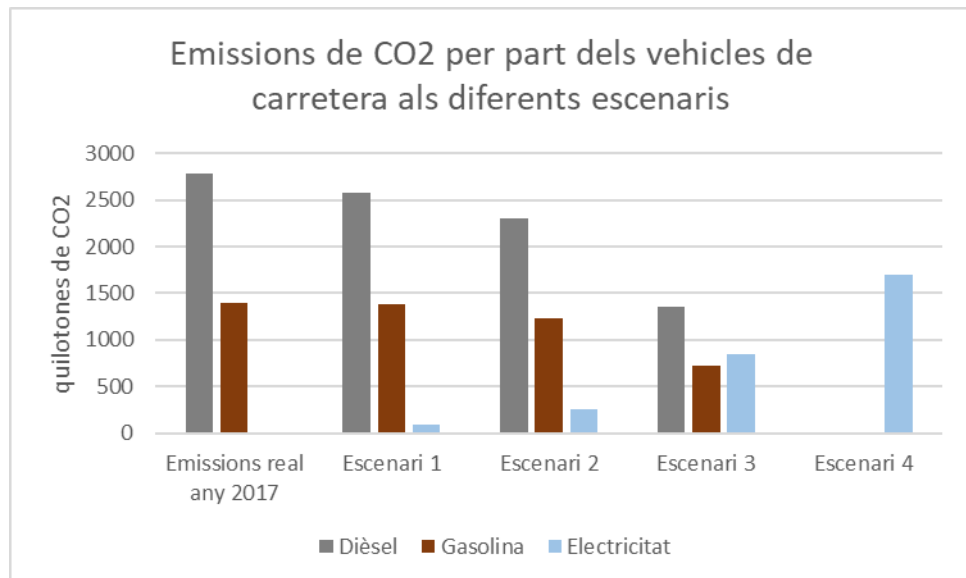


Figura 14.4 Comparació de les emissions de CO₂ per part del parc de vehicles a l'AMB als diferents escenaris. Font pròpia

Per tant, es pot observar com es podria reduir fins a un 60% les emissions generades per un parc de vehicles de carretera totalment elèctric respecte el parc existent l'any 2017, aquesta reducció és bastant acusada, però encara trobaríem unes emissions de 1693,5 quilotoques de CO₂ a l'atmosfera, per això, com aquestes emissions depenen de la forma en la qual es genera l'energia elèctrica, aquestes emissions de gasos d'efecte hivernacle generats per la recàrrega dels vehicles elèctrics és veuran reduïts si s'és capaç de reduir el pes de les fonts de producció d'electricitat contaminants, és el gran repte al qual s'enfronta el sector de l'energia als pròxims anys.

Per una altra banda, si volem observar el descens de les emissions de gasos contaminants als diferents escenaris caldrà utilitzar els factors esmentats a la Taula 14.3 i , realitzant els càlculs de l'apartat anterior, obtenint els resultats escenificats a la Figura 14.5.

Taula 14.5 Reducció de les emissions de NOx per part dels vehicles convencionals respecte les emissions reals l'any 2017. Font pròpia

	Escenari 1	Escenari 2	Escenari 3	Escenari 4
Reducció de les emissions de NOx respecte les emissions reals l'any 2017	6%	15%	47%	93%

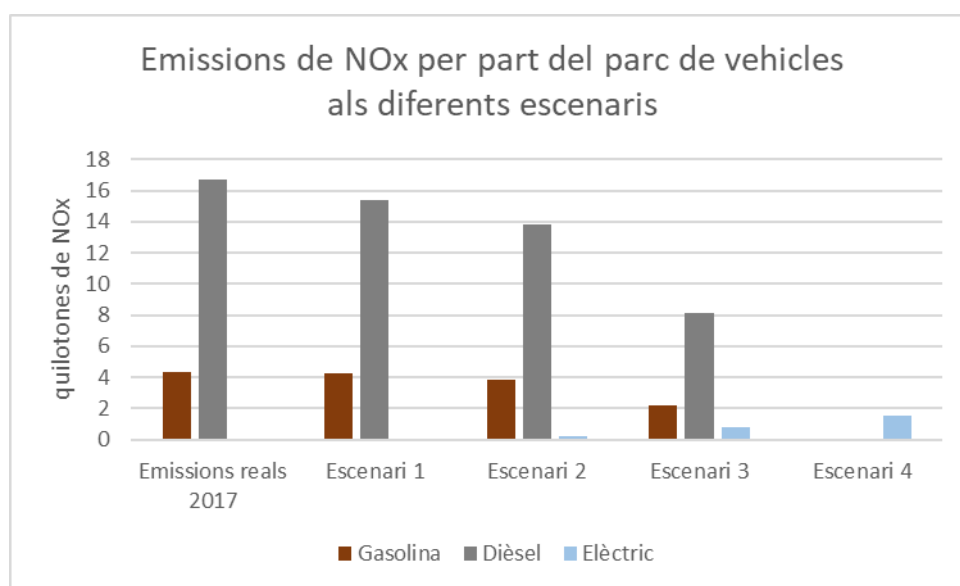


Figura 14.5 Gràfic de les emissions de NOx generades per part dels vehicles convencionals. Font pròpia

Després d'analitzar els resultats sobre les emissions de NOx del parc de vehicles convencionals es pot concloure que les aportacions emissions d'aquest gas ve fonamentalment del parc de vehicles dièsel en un 73% aproximadament.

Com podem observar, l'emissió d'aquest contaminant prové majoritàriament de la combustió del combustible dins del motor dels vehicles, per tant en l'escenari 4, on només existeixen els vehicles elèctrics, trobaríem una gran reducció d'aquest gas fins a un 93% respecte l'escenari real l'any 2017.

14.3 Recàrrega dels vehicles en diferents zones horàries.

La recàrrega d'aquests vehicles en diferents zones horàries podria suposar avantatges o inconvenients en diferents àmbits, per tant, caldrà estudiar-ne els efectes.

Per això, es suposaran dues maneres de recarregar el nostre vehicle, la primera consistirà en la recarrega en l'horari preferent per fer-ho, és a dir, durant les hores on existeix menys demanda elèctrica (hores super vall), i per tant seria menys probable un pic de demanda on la potència instal·lada

al sistema elèctric peninsular sigui insuficient per cobrir-la, en canvi la segona consistirà en la recàrrega del vehicle elèctric durant aquestes hores on existeix més demanda (hora punta), per tal de podem comparar les principals diferències obtingudes.

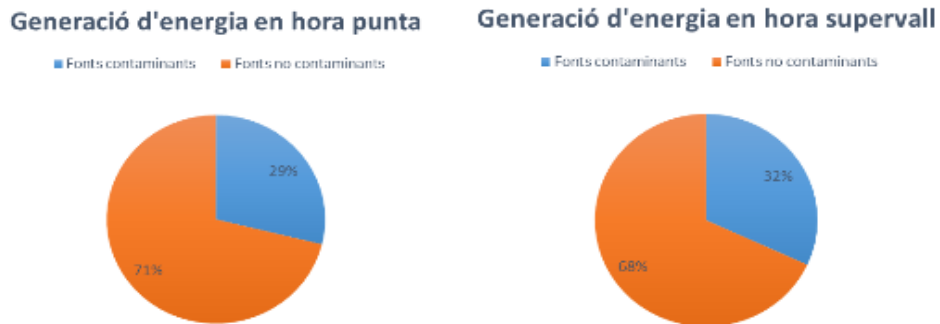


Figura 14.6 Comparació de la procedència de la generació d'energia elèctrica segons la franja horària on realitzem les recàrreges dels vehicles elèctrics al Març de 2017. Font pròpia

Com es pot observar a la Figura 14.6, durant les hores super vall la producció elèctrica s'abasteix en una major proporció de les fonts contaminants, i per tant durant aquestes hores s'expulsaran a l'atmosfera una major quantitat de CO₂.

Per poder fer una comparació de les emissions de CO₂ generades en cada franja horària, es farà un estudi de la mitjana d'emissions en un dia del mes de Març de 2017 degudes a la recàrrega dels vehicles elèctrics en els diferents escenaris en els horaris super vall i punta.

Per començar caldrà estudiar el factor d'emissions segons la hora del dia en la que vulguem realitzar la recàrrega, això en donarà informació sobre a quines franges horàries és més contaminant generar l'energia elèctrica que es demanda (Figura 14.7 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

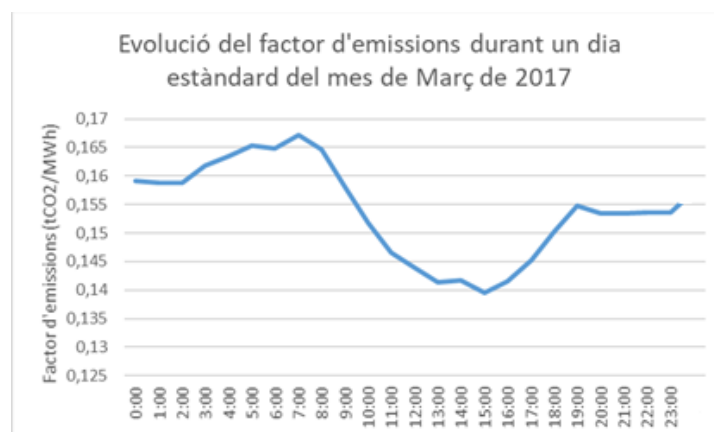


Figura 14.7 Evolució del factor d'emissions de CO₂ durant un dia estàndard de Març de 2017 a l'AMB. Font pròpia

Podem observar com durant les hores super vall (des de la 1:00 fins les 7:00 de la matinada), trobem els factors d'emissions més elevats, per tant, es generarà una major quantitat de CO₂ al produir l'energia elèctrica necessària per tal d'abastir la demanda. En canvi, durant les hores punta (11:00 fins les 14:00 del migdia i des de les 19:00 fins les 22:00 del vespre), s'observa com els factors d'emissions són més baixos, i per tant es generarà una menor quantitat de CO₂.

Per calcular el total d'aquestes emissions de CO₂ produïdes exclusivament per la recàrrega dels vehicles elèctric en un dia estàndard del mes de Març, utilitzarem l'Equació 14.3, els valor del factor d'emissions (Figura 14.7) i els consums representats als apartats 11.4 i 11.5.

$$Emissions\ de\ CO_2\ diàries = \sum Factor\ d'emissions \times Consum\ horari$$

Equació 14.3 Càlcul de les emissions de CO₂ anual per part dels vehicles dièsel i gasolina a l'Àrea Metropolitana de Barcelona

On:

Consum horari	<i>Consum d'electricitat segons la hora de recàrrega dels vehicles elèctrics (kWh)</i>
Factor d'emissions	<i>Factor d'emissions de la generació d'electricitat segons l'hora de recàrrega (kg CO₂/kWh)</i>
Emissions de CO ₂ diàries	<i>Emissions de CO₂ totals a l'atmosfera per part de parc de vehicles elèctrics (tones CO₂/dia)</i>

Després de realitzar els pertinents càlculs pels diferents escenaris tenint en compte els consums totals dels vehicles elèctrics als diferents escenaris, podem concloure amb la Figura 14.8, on es comparen les emissions de CO₂ diàries obtingudes si realitzéssim les recàrregues en hores supervall o punta.

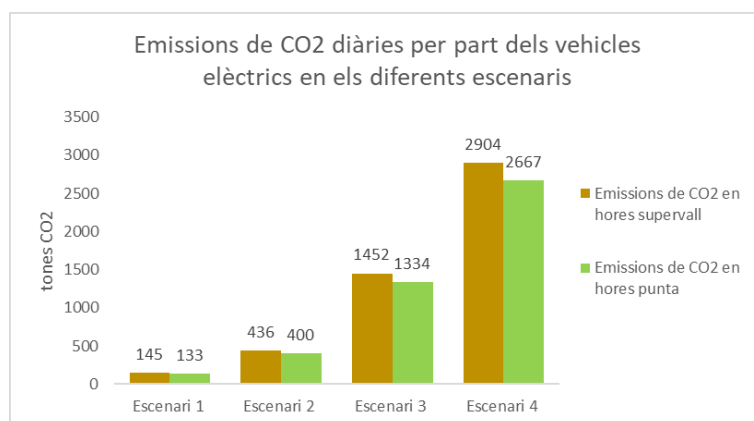


Figura 14.8 Emissions de CO₂ a l'atmosfera diàries segons l'horari de recàrrega. Font pròpia

Si comparem els resultats obtinguts al recarregar els vehicles elèctrics durant les hores super vall i en hora punta, es pot arribar a obtenir una reducció diària de les emissions de CO₂ de gairebé un 10%, per tant, això ens indica una necessitat de aconseguir una producció d'energia elèctrica provinent de fonts no contaminants en aquestes hores supervall, per tal que l'augment de demanda elèctrica en aquesta franja horària no vagi lligada a una gran quantitat d'emissions de CO₂.

15 Previsió del parc de vehicles elèctric per l'any 2030

Després d'estudiar hipotètics escenaris amb diferents percentatges vehicles elèctrics respecte del total, ara es realitzarà una previsió de la possible evolució que tindran els vehicles elèctrics a l'Àrea Metropolitana de Barcelona, per tal d'observar si la ubicació temporal del escenaris seria possible, o si hauríem d'ubicar aquests escenaris en una nova cronologia.

Es realitzarà l'evolució en dos possibles casos, per tal de poder estudiar quina seria la progressió d'aquest parc de vehicles si s'apliquen mesures positives pel seu creixement, o si bé es mantenen les mesures actuals i no es restringeix la circulació dels vehicles dièsel i gasolina.

La previsió de l'evolució que el parc de vehicles de l'Àrea Metropolitana patirà fins l'any 2030 es realitzarà mitjançant una regressió lineal múltiple, degut a que el parc de vehicles elèctric és una variable que depèn en gran mesura de la situació socioeconòmica de regió a estudi, per tant es provarà d'ajustar aquesta evolució amb diverses variables socioeconòmiques.

S'ha realitzat una regressió lineal mitjançant la correlació existent entre el PIB metropolità i la evolució del parc de vehicles des de l'any 2001 fins l'any 2018, obtenint un coeficient de correlació múltiple igual a 0,87, per tant, és pot dir que existeix una correlació bastant elevada, i un coeficient de determinació igual a 0,75 bastant proper a 1, que ens indica un ajust de les dades pronosticades bastant eficient.

Per tant, després de realitzar la regressió lineal simple entre aquestes dues variables obtenim l'equació $y = 1611667 + 2,61 \times 10^{-6} \cdot x$, amb la qual ajustarem les dades de la suposada evolució del PIB català, per obtenir el parc de vehicles total l'any 2030.

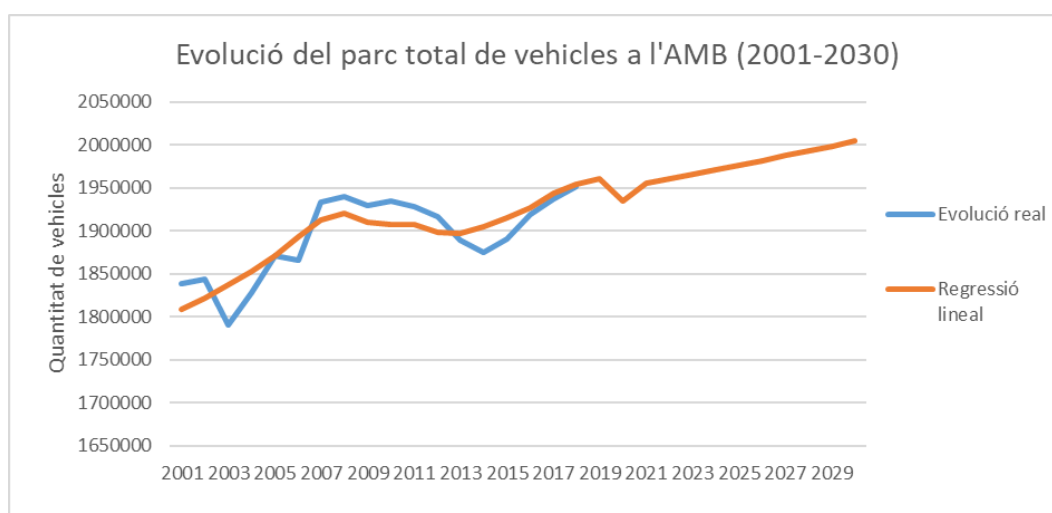


Figura 15.1 Evolució del parc total de vehicles a l'AMB des de 2001 fins l'any 2030. Font pròpia

S'ha realitzat aquesta regressió amb altres variables independents però la correlació més elevada ha estat amb l'evolució del PIB català entre els anys 2001-2018

Pel PIB català s'ha previst una davallada del 7,5% l'any 2020 degut a l'afectació del Covid-19 en l'àmbit econòmic, i un posterior creixement del 6,5% per l'any 2021 (segons ha declarat el govern català), a partir d'aquesta data s'ha estipulat un creixement constant d'un 1,5% anual del PIB català segons fonts de Foment del Treball Nacional fins l'any 2030.

Taula 15.1 Resum del resultats sobre l'evolució del parc de vehicles obtinguts mitjançant la regressió lineal. Font pròpia

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<i>Parc de vehicles real</i>	1838499	1843969	1790918	1827872	1870734	1866241
<i>Pronòstic regressió</i>	1809092	1822327	1837128	1853296	1871235	1892952
<i>Error relatiu (%)</i>	1,63	1,19	2,52	1,37	0,03	1,41

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<i>Parc de vehicles real</i>	1933799	1940204	1929246	1934351	1928226	1916548
<i>Pronòstic regressió</i>	1912864	1920805	1909530	1907102	1907569	1898623
<i>Error relatiu (%)</i>	1,09	1,01	1,03	1,43	1,08	0,94

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<i>Parc de vehicles real</i>	1889710	1875440	1891213	1919331	1937572	1952086
<i>Pronòstic regressió</i>	1897498	1904410	1915608	1927460	1943613	1954845
<i>Error relatiu (%)</i>	0,41	1,52	1,27	0,42	0,31	0,14

Observant tots els errors relatius referents a la diferència entre els valors reals i els valors pronosticats obtenim uns errors relatius molt petits, per tant, es pot acceptar que aquesta predicció sobre la extensió del parc de vehicles a l'AMB és fiable, i pot ser representativa de l'evolució de la quantitat de vehicles en un futur.

Per tant, l'any 2030 el parc de vehicles estaria conformat per un total de *2004787 vehicles*, lo que suposaria un ascens del 2,6%, respecte de la quantitat de vehicles existent l'any 2018.

15.1 Primer cas

En aquest primer cas, s'estudiarà una possible evolució del parc de vehicles elèctrics, si es prenen una sèrie de mesures encaminades a fomentar un creixement exponencial en un futur més proper.

Algunes d'aquestes mesures que es proposen des de les administracions públiques per fomentar aquest creixement, podrien ser ajudes econòmiques per poder realitzar una electrificació de les flotes d'empreses, particulars i altres col·lectius, el desenvolupament d'infraestructures vinculades a la recàrrega del vehicle elèctric, l'electrificació de les xarxes de bus i altres flotes municipals, restriccions progressives de trànsit i impostos als vehicles que expulsin CO₂ a l'atmosfera, o fins i tot, campanyes de sensibilització de la ciutadania.

Tota aquesta sèrie de mesures serien aplicades durant els primers anys d'aquest creixement, excepte les restriccions de trànsit i impostos als vehicles que expulsin CO₂ a l'atmosfera, per tal de fomentar aquest creixement exponencial.

15.1.1 Evolució fins l'any 2030

Aquest primera etapa de l'evolució del parc de vehicles es suposa un augment molt acusat dels vehicles elèctrics per tant es seguirà un model exponencial.

Al ajustar les dades existent des de l'any 2010 fins l'any 2018 (Figura 15.2), obtenim la següent equació de regressió exponencial $y = 384,29e^{0,3115x}$, i fent una extrapolació fins l'any 2030 obtenim els resultats il·lustrats a la Figura 15.3.

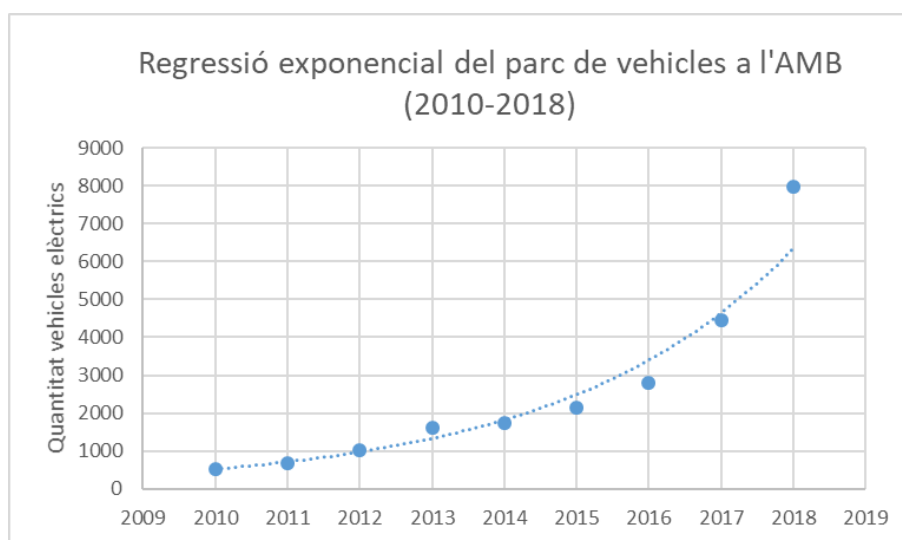


Figura 15.2 Regressió exponencial de l'evolució de la quantitat de vehicles elèctrics des del 2010 fins al 2018. Font pròpia

Per tant per l'any 2030 s'obtindria un total de 266438 vehicles elèctrics, lo que suposaria un 13% del parc de vehicles total de l'Àrea Metropolitana, i comparant aquest valor amb el que havíem suposat en un principi, veiem que es situa per sota però molt proper a lo que s'espera.

La potència predictiva relativa d'aquest model exponencial (R^2) és igual a 0,9733 molt proper a 1, per tant podem dir que ens trobem amb una regressió bastant precisa i acurada.

Després de realitzar la regressió exponencial observem un error relatiu màxim d'un 20%, per tant ens trobem amb un ajust de les dades de l'any 2010 fins l'any 2018 bastant eficient.

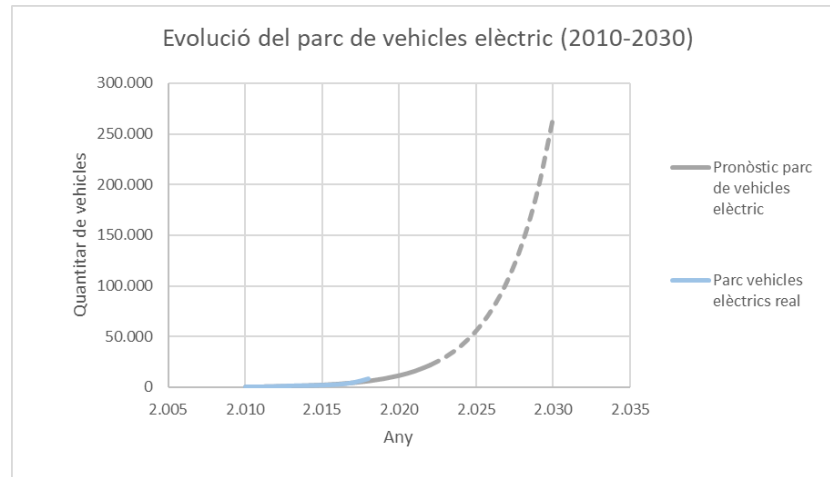


Figura 15.3 Gràfic sobre l'evolució del vehicles elèctrics dins de l'Àrea Metropolitana (2010-2030). Font pròpia

Es suposa una evolució fiable del parc de vehicles elèctrics en aquestes condicions fins l'any 2022, però com estem parlant d'una predicció molt atrevida i acusada partint d'una base de dades bastant limitada, només es pot dir que podria seguir la tendència marcada amb la corba discontinua representada fins l'any 2030, si segueix aquesta tendència exponencial.

Finalment, observem que si l'evolució del parc de vehicles elèctrics segueix una tendència exponencial arribaríem a obtenir un total de 266438 vehicles elèctrics l'any 2030, lo que suposaria un 13,3% del parc total. Comparant aquest percentatge obtingut, després de realitzar la regressió exponencial a partir de l'evolució de les dades des de l'any 2010 fins l'any 2018, amb el percentatge objectiu que moltes fonts preveien per aquest any 2030, observem que ens trobem molt a prop d'aquest valor, però una mica per sota, per tant aquest suposat escenari 2 succeiria després de l'any 2030.

15.2 Segon cas

En aquest cas s'estudiarà una previsió del parc de vehicles elèctrics si no s'apliquen mesures que fomentin la seva progressió (com rebaixar els preus dels vehicles elèctrics, donar ajudes per la compra d'un vehicle elèctric o implantar una xarxa de recàrrega potent) o mesures que perjudiquin la mobilitat dels vehicles propulsats amb motors de combustió interna.

Com observem aquestes dades tenen una tendència exponencial, per tant s'utilitzarà el mètode de Holt per tal de preveure quin serà el seu progrés fins l'any 2030, obtenint un valor de "1" per les variables alfa i delta, després de minimitzar l'error entre la sèrie original i l'estimació de Holt, mitjançant

el mètode de mínims quadrats, és a dir, es donarà preferència a les dades més pròximes al 2018 per realitzar la previsió.

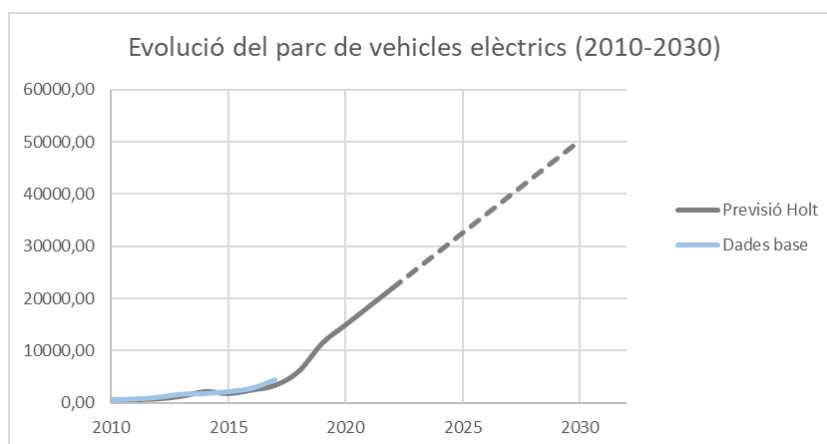


Figura 15.4 Gràfic sobre l'evolució del vehicles elèctrics des de l'any 2011 fins l'any 2030 dins de l'Àrea Metropolitana. Font pròpia

Igual que a l'apartat anterior, realitzem la previsió del parc de vehicles elèctrics partint d'una sèrie de dades bastant limitada, degut a la propera incorporació dels vehicles elèctrics a l'AMB. Per això, l'estimació fins l'any 2022 es pot considerar fiable, però la consegüent estimació fins l'any 2030, marcada amb una línia discontinua, podria reflectir la tendència d'aquest parc de vehicles, però no pot representa una previsió acurada.

En aquest cas, es pot observar com l'any 2030 la quantitat de vehicles elèctrics seria molt menor al 15% esperat segons els escenaris establerts anteriorment, obtenint només 50259 vehicles elèctrics lo que representarien un 2,5% del parc de vehicles total.

Taula 15.2 Resum del resultats sobre l'evolució del parc de vehicles elèctrics obtinguts mitjançant el mètode de Holt des de 2018 fins l'any 2030. Font pròpia

	2018	2030
<i>Real</i>	7983	
<i>Pronòstic</i>	6127	37443
<i>Error relatiu</i>	23%	

Aquestes dades posen de manifest la necessitat de posar en marxa mesures restrictives pels vehicles convencionals, i ajudes o possibles beneficis, per aquells usuaris que apostin pels vehicles elèctrics. Sinó és així, ens situaríem molt per sota de l'objectiu que marca Europa per tal de reduir les emissions de CO2 derivades del parc de vehicles a les carreteres.

Conclusions

Aquest capítol final planteja les conclusions del estudi en una ordre relatiu al desenvolupament del treball a través dels diferents capítols. Les conclusions s'elaboraran a partir dels estudis realitzats i dels resultats gràfics-numèrics obtinguts al llarg del projecte.

La principal conclusió que es pot extreure després dels càlculs realitzats durant tot el treball, és afirmar que l'any 2017 l'Àrea Metropolitana tenia la capacitat de suportar el parc de vehicles elèctrics que hi estava circulant i es pot apreciar que va ben encaminada per poder suportar l'evolució d'aquests si és capaç de gestionar adequadament els recursos disponibles i de realitzar una gran inversió en infraestructures i ajudes.

A nivell infraestructural, possiblement un dels trets principals i que necessitaran una major inversió, actualment es supera àmpliament les recomanacions que la UE ha suggerit als estats membres per tal que els usuaris dels vehicles elèctrics puguin tenir un fàcil accés a estacions de recàrrega públiques, però per una altra banda, si ens fixem en la relació de fluxos de desplaçaments territorials dels vehicles privats, es reflecteix una major mobilitat fora de la ciutat de Barcelona (60%), cosa que es contraposa a la disposició de les diferents estacions de recàrrega a l'AMB, que ens deixa veure una manca d'infraestructura a les rodalies de la ciutat de Barcelona, ja que aquesta posseeix un 83% dels connectors totals disponibles a l'AMB. Tot i que a la ciutat de Barcelona ens trobem quasi el 70% dels vehicles elèctrics censats a l'AMB, si desglossem per tipus de vehicles aquest parc elèctric, observem que quasi el 60% són ciclomotors, però la ciutat de Barcelona disposa del 77% dels connectors total de l'AMB destinats a la recàrrega de turismes i furgonetes, per tant és necessari una major inversió en infraestructura a la zona metropolitana d'aquesta ciutat, a més de distribuir més equitativament aquestes estacions de recàrrega.

Continuant amb l'estudi infraestructural als diferents escenaris a consideració, també s'ha pogut concloure que l'Àrea Metropolitana haurà d'incrementar les inversions en infraestructura per la recàrrega del vehicle elèctric, ja que als escenaris on el percentatge dels vehicles elèctric té un pes més significatiu sobre el parc total de vehicles, impliquen una despesa molt elevada (sobretot pels punts de recàrrega relacionades amb els turismes i les furgonetes), per tant, fer-ho de manera gradual, a més d'ajudar a les empreses privades a que emplacin estacions de recàrrega a les seves instal·lacions, permetrà que la despesa no sigui tan acusada, i proporcionaria un marge per poder anar adaptant-se als diferents escenaris proposats.

Tot i que, si analitzem la despesa econòmica que suposarà el consum d'energia elèctrica per part de la recàrrega d'aquests vehicles en espais públics, s'evidencia que s'hauran de realitzar una sèrie de canvis per poder suportar aquesta nova situació, com podria ser, deixar de donar el servei de recàrrega

gratuïta a la via pública i establir un preu que cobreixi el preu de la recàrrega i amés pugui amortitzar la inversió derivada de la instal·lació d'aquella estació de recàrrega, també es podria optar per reconvertir les gasolineres convencionals en electrolinereres que permetin la recàrrega dels vehicles elèctrics, o una altra opció vindria de la mà de reaprofitar l'energia sobrant d'altres mitjans de transport per tal d'incorporar-la a la xarxa d'estacions de recàrrega, i així, poder reduir la generació d'energia i reduir el cost d'aquesta, com per exemple les metrolinereres o ferrolinereres, que encara es troben en desenvolupament i caldria fer un esforç d'investigació i suport en la seva implantació.

Un altre punt d'estudi primordial per poder analitzar la capacitat metropolitana, seria l'àmbit energètic. Després d'examinar la situació metropolitana podríem concloure que la quantitat d'energia que es reduiria amb un parc de vehicles completament elèctric respecte el parc actual seria d'un 64%, derivat de la gran quantitat d'energia que requereixen els vehicles convencionals per part dels combustibles fòssils per poder funcionar, però, encara que es reduiria aquesta energia consumida l'augment de demanda elèctrica podria comportar alguns desavantatges.

El principal tret que podria provocar que els vehicles elèctrics no arribessin a implantar-se a la l'Àrea Metropolitana, podria ser la excessiva demanda energètica que es requeriria, i la seva gestió. Per tant, actualment recarregar els vehicles en els horaris super vall, on la demanda elèctrica és menor si que podria ser una solució per aquesta incipient demanda elèctrica, però quan aquest parc de vehicles augmenti, si es continua realitzant totes les recàrregues en aquesta mateixa zona horària, arribaríem a saturar el sistema elèctric i caldria augmentar la generació d'electricitat en un període de temps bastant limitat, és per això que segurament a partir del suposat escenari 2 (es pot observar tan en la Figura 11.24 com en la Figura 11.15 com ens trobaríem al límit de saturació), caldria establir un nou mètode de recàrrega que homogeneïtzi la demanda d'energia elèctrica i així, poder reduir la potència necessària fins a un 75% com s'ha pogut observar en la Figura 11.25.

L'impacte ambiental també ha sigut un tema primordial d'estudi, ja que és entre d'altres, la principal causa de l'evolució ascendent dels vehicles elèctrics a la societat, per tant s'ha realitzat un estudi de les emissions a l'atmosfera en els diferents escenaris per poder predir com afectarà la instauració dels vehicles elèctrics al medi ambient.

Com hem observat, després de realitzar els càlculs pertinents, les emissions dels gasos d'efecte hivernacle (majoritàriament emissions de CO₂ i NO_x) descendiran de manera acusada quan el vehicle elèctric vagi guanyant territori al convencional, com ho demostra el fet que les emissions de CO₂ generades per un parc de vehicles completament elèctric seria gairebé un terç de les generades en el parc de vehicles actual, i es reduiria quasi la totalitat d'emissions dels òxids de Nitrogen (NO_x).

Després d'analitzar si la recàrrega en diferents franges horàries podria tenir algun impacte mediambiental es podria concloure que la franja horària destinada principalment a la futura recàrrega del nostre vehicle elèctric als domicilis (les hores super vall), proveeix l'energia elèctrica demandada en una major mesura de fonts contaminants que durant la resta del dia, cosa que incrementarà les emissions de CO₂, per això, caldrà trobar fonts de generació d'electricitat més netes per tal de reduir les emissions.

Encara que es redueixi un terç aquestes emissions de CO₂ a l'atmosfera, seria possible reduir més aquestes emissions s'hi s'investigués i invertís més en la generació d'energia elèctrica mitjançant fonts no contaminants i renovables, per tant una possible solució seria apostar per la generació d'energia elèctrica provinent de l'energia solar, ja que com he pogut afirmar, instal·lant un 20% del total de les plaques solars que es podrien emplaçar a les teulades dels edificis de l'AMB segons el seu potencial solar, seria possible abastir tota la demanda d'electricitat provinent de la recàrrega del vehicles elèctrics, no obstant, això implicaria una inversió bastant elevada, i un gran període de temps per poder dur-ho a terme.

Un altre manera de poder reduir aquestes emissions i a la vegada aprofitar altres fonts alternatives d'energia elèctrica seria implementar metrolineres a la ciutat de Barcelona, o en el seu defecte sistemes de recuperació d'energia elèctrica, i ferrolineres als municipis que disposin d'aquest tipus de transport, per tal d'aprofitar aquesta electricitat sobrant. Aquesta forma de reaprofitament de l'energia elèctrica tindria un cost baix, i amés permetria disposar de potències elevades en aquestes estacions de recàrrega.

En l'aspecte econòmic, un dels avantatges principals que es pot constatar després de la realització del estudi corresponent, és l'estalvi que suposarà poder recarregar els vehicles elèctrics directament de la xarxa elèctrica deixant enrere els combustibles fòssils, poden estalviar fins a 2,5 € al dia al recarregar el nostre turisme, arribant a un estalvi de 78€ mensuals. No obstant això, també s'ha pogut provar que trobaríem una diferència bastant acusada, depenent de l'horari i la tarifa a la qual ens acollim a l'hora de realitzar aquestes recàrregues, arribant a obtenir un descompte de fins a un 45% al recarregar el nostre vehicle en hores supervall envers les hores punta.

Aquesta diferència tan important entre el cost de recarregar els vehicles elèctrics en els diferents horaris, segurament es veurà reduïda quan la recàrrega en horari super vall no sigui possible per l'augment de la demanda. Fins i tot, es suposa que aquests preus pujaran de manera considerable, respecte als preus actuals amb la tarifa 2.0.DHS.

Després d'haver realitzat una previsió sobre l'evolució dels vehicles elèctrics a l'Àrea Metropolitana de Barcelona, cal esmentar que en cap de les dues previsions proposades, s'arribaria als objectius que es proposen pel segon escenari (obtenir un 15% de vehicles elèctrics respecte del parc total per l'any 2030), per tant, tampoc s'arribaria als objectius marcats pels escenaris posteriors, però si s'apliquen mesures severes que potenciïn la incorporació exponencial d'aquest tipus de vehicles ens trobaríem molt propers a aconseguir aquests objectius, com ho reflecteix el fet que al primer cas estudiat per a la seva previsió (cas on s'apliquen mesures que potenciïn la compra del vehicle elèctric, i limitin la circulació dels vehicles de combustió interna), ens trobaríem molt més propers a aquests objectius marcats per la UE, que no pas al segon cas, on no s'aplicarien les mesures suficients i no es posarien en marxa limitacions als vehicles convencionals.

Per tant, com a conclusió final es pot concloure que a part de la responsabilitat de les administracions públiques per poder anar adaptant l'Àrea Metropolitana a aquesta nova situació, una part de la responsabilitat de poder assolir els objectius especificats anteriorment, també recau en la indústria automobilística, ja que l'augment del parc elèctric vindria lligat també a una disminució dels preus dels vehicles elèctrics, ja que actualment el seu cost es troba per sobre del preu mitjà dels vehicles convencionals, i no es troben a l'abast de tota la societat. Un altre tret que caldria posar més atenció per tal de reduir l'impacte que la inserció d'aquests vehicles provocarà a l'AMB, passa per una millora de les bateries d'aquests, atorgant uns consums menors als actuals, i per tant, requerint una menor quantitat d'energia elèctrica per poder circular.

Pressupost i/o Anàlisi Econòmica

Per poder realitzar aquest estudi d'una manera eficaç i fiable, és necessari disposar d'unes eines amb les quals puguem obtenir unes dades reals i contrastades, a més de ser necessari un ampli espai temporal per poder aprofundir en els diferents ítems que es tracten a l'estudi.

Aquest estudi s'ha centrat a l'Àrea Metropolitana de Barcelona, però podria utilitzar-se com a plantilla per qualsevol ciutat o regió de la qual volguéssim esbrinar-ne la seva capacitat pròpia per poder alimentar un futur parc de vehicles elèctrics, modificant segons la regió a estudi les variables corresponents.

Aquest capítol presenta el pressupost calculat per a l'anàlisi de la *Capacitat de l'Àrea Metropolitana per l'alimentació del vehicle elèctric*. El primer tram d'aquest pressupost conté els costos per a la investigació, el tractament de les dades recercades i el posterior anàlisi, mentre que en el segon apartat es presenten els costos del material i els softwares que han estat necessaris per dur a terme el treball.

Pressupost d'enginyeria i investigació

Taula 1. Resum del pressupost referent als costos d'enginyeria i investigació

Concepte	Hores	Preu/hora	Preu total
<i>Investigació</i>	100	15 €	1500 €
<i>Obtenció i processament de dades</i>	350	15 €	5250 €
<i>Anàlisis dels resultats</i>	80	15 €	1200 €
<i>Redacció de la memòria</i>	80	15 €	1200 €
		SUBTOTAL	9150 €
		21% IVA	1921,5 €
		TOTAL	11071,5 €

La majoria dels costos provinents d'aquest estudi derivarien del sou de l'enginyer que ha realitzat aquest treball, per tant, si tenim en compte el sou mitjà d'un enginyer de Grau recent graduat ens trobem en una mitjana de 15€/hora, tenint en compte que aquest estudi s'ha realitzat en un

quadrimestre, és a dir, quatre mesos, i la realització del treball ha passat per varies fases podem desglossar-ho en les diverses etapes de la taula anterior, obtenint un total de **11071,5€**.

Pressupost derivats dels equips i llicències informàtiques

Per avaluar el cost d'aquest estudi derivat dels equips i les llicències informàtiques utilitzades, principalment s'ha de tenir en compte el preu de la llicència del software utilitzat (Microsoft Excel) per la realització de tots els càlculs, i el preu de l'equip informàtic tenint en compte el percentatge d'amortització després de 4 mesos de la seva compra [66].

Taula 2. Resum del pressupost referent als costos derivats de la compra d'equips i llicències informàtiques.

Concepte	Unitats	Preu/unitat	Import
Equip informàtic	1	700 €	700 €
		Amortització (26%)	-518 €
Microsoft Office	1	150 €	150 €
SUBTOTAL			332 €
21% IVA			69,72 €
TOTAL			401,72 €

Resum

Finalment, com a resultat de la realització d'aquest treball tindriem els costos derivats de les eines utilitzades per dur-lo a terme, i per una altra banda, els costos derivats del valor d'enginyeria de la creació d'aquest projecte.

Taula 3. Resum de la suma del pressupost derivat dels equips i llicències informàtiques i del pressupost derivat de la investigació pertinent.

Concepte	Import
Pressupost dels equips i llicències informàtiques	401,72 €
Pressupost d'enginyeria i investigació	11071,5 €
TOTAL	11473,22 €

Bibliografia

- [1]. Àrea Metropolitana de Barcelona. Llistat de municipis [en línia]. [Consulta: 1 abril 2020]. Disponible a: http://www.amb.cat/ca/web/area-metropolitana/municipis-metropolitans/llicitat?p_p_id=MunicipiSearchFormPortlet_WAR_AMBSearchPortletportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&MunicipiSearchFormPortlet_WAR_AMBSearchPortletportlet_pageNum=1&MunicipiSearchForm
- [2]. Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. Àrea Metropolitana de Barcelona [Consulta: 1 abril 2020]. Disponible a: https://ca.wikipedia.org/wiki/Àrea_Metropolitana_de_Barcelona
- [3]. Col·lecció d'automòbils Salvador Claret. El automòvil en Espanya [en línia]. Disponible a: <http://www.casc.cat/images/1352235949.pdf>
- [4]. Martínez Gutiérrez, J. A. VEHÍCULO ELÉCTRICO: ANALISIS Y Y PROSPECTIVA DE FACTORES TECNOLÓGICOS Y ECONÓMICOS. p-21. Universidad de Valladolid.
- [5]. Autobild. Coche eléctrico [en línia]. [Consulta: 5 juny 2020]. Disponible a: <https://www.autobild.es/noticias/cual-fue-primer-coche-electrico-189598>
- [6]. Murias, D. Historia de los coches eléctricos. 2010. Disponible en: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-de-los-coches-electricos>
- [7]. Autocrash. ABC de los vehículos híbridos [en línia]. [Consulta: 9 maig 2020]. Disponible a: <https://www.revistaautocrash.com/abc-los-vehiculos-hibridos/>
- [8]. Iberdrola. El vehículo eléctrico: tipología y principales características [en línia]. [Consulta: 8 maig 2020]. Disponible a: https://www.iberdrola.com/wcorp/gc/prod/es_ES/sostenibilidad/docs/Vehiculo_tipologia_caracteristicas.pdf
- [9]. Projectes i Construcció Teiconsa Automotive. Estacions de recàrrega per a vehicles elèctrics [Consulta: 2 maig 2020]. Disponible a: <http://www.teiconsa.es/ca/servei/teiconsa-automotive/estacions-de-recarrega-per-a-vehicles-electrics>
- [10]. Seai. Guide to Electric Vehicles [en línia]. [Consulta: 9 maig 2020]. Disponible a: www.seai.ie/transport

- [11]. Econoticias. Componentes principales del coche eléctrico. [en línia]. [Consulta: 27 maig 2020]. Disponible a: <https://www.ecoticias.com/motor/67802/Componentes-principales-coche-electrico>
- [12]. Capellan, G.C. Trabajo final de máster Caracterización del tren de potencia de un vehículo eléctrico de categoría L7 tipo Smart. 2017. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. [Consulta: 29 març 2020]
- [13]. Mártil, I. Funcionamiento de una batería de ion-litio [en línia]. [Consulta: 22 juny 2020]. Disponible a: <https://blogs.cdecomunicacion.es/ignacio/2019/02/21/funcionamiento-de-una-bateria-de-ion-litio-pros-y-contras>
- [14]. Wikipedia, la enciclopedia libre. Enchufe [en línia]. [Consulta: 4 abril 2020]. Disponible a: https://es.wikipedia.org/wiki/Enchufe#/media/Archivo:Schuko_plug_and_socket.png
- [15]. Monasterio Beñaran, Formación Profesional, Innovación y Sostenibilidad. Puntos de recarga de vehículos eléctricos. [en línia]. [Consulta: 9 abril 2020]. Disponible a: <http://www.somorrostro.com/pdf/almacenamiento.pdf>
- [16]. AGCProyectos. Cargador Vehículo Eléctrico [en línia]. [Consulta: 11 abril 2020]. Disponible a: <https://www.agcproyectos.com/wp-content/uploads/Cargador-Veh%C3%ADculo-El%C3%A9ctrico..pdf>
- [17]. LugEnergy. Conector Tipo 2 IEC 62196 [en línia]. [Consulta: 12 abril 2020]. Disponible a: <https://www.lugenergy.com/mennekes-coche-electrico/>
- [18]. ECOBADAJOZ. Conector de alimentación AC [en línia]. [Consulta: 12 abril 2020]. Disponible a: <https://www.ecobadajoz.es/conectores-adaptadores-ac/conector-de-alimentacion-ac-trifasicos-32a-enchufe-ip44-mod-fam-13303.html>
- [19]. Electromovilidad. CHAdeMO conector [en línia]. [Consulta: 12 abril 2020]. Disponible a: <http://electromovilidad.net/chademo-conector/>
- [20]. Charged EVs. ITT Cannon introduces a liquid-cooled DC charging connector and cable design. [en línia]. [Consulta: 12 abril 2020]. Disponible a: <https://chargedevs.com/newswire/itt-cannon-introduces-a-liquid-cooled-dc-connector-and-cable-design/>
- [21]. myRecarga. La carga rápida y el conector CCS-Combo 2 [en línia]. [Consulta: 1 abril 2020]. Disponible a: <https://www.myrecarga.es/carga-rapida-combo/>
- [22]. Efimob. Tipos de conectores [en línia]. [Consulta: 1 abril 2020]. Disponible a: <https://www.efimob.com/es/info/31-tipos-de-conectores>

- [23]. DHGate. Enchufe de CA sin cable para EV [en línia]. [Consulta: 12 abril 2020]. Disponible a: <https://es.dhgate.com/product/150a-j1772-plug-ev-connector-type-1-ac-plug/438045194.html>
- [24]. Sialsolhome. Cargadores Coches Eléctricos [en línia]. [Consulta: 12 abril 2020]. Disponible a: <https://www.sialsolhome.com/categoria-producto/cargadores-coches-electricos/>
- [25]. Valltienda. Cargador Bicicleta Electrica [en línia]. [Consulta: 9 maig 2020]. Disponible a: <https://valltienda.com/mejor-cargador-bicicleta-electrica>
- [26]. Faen. Recarga del Vehículo Eléctrico. [en línia]. [Consulta: 9 maig 2020]. Disponible a: http://www.faen.es/batterie/Recarga_vehiculo_electrico.pdf
- [27]. ORBIS. Manual de introducción a la recarga del vehiculo eléctrico. [en línia]. [Consulta: 11 maig 2020]. Disponible a: <https://www.orbis.es/pdf/ManualIntroduccionRecargaVE.pdf>
- [28]. Centro Tecnológico EURECAT. INFRAESTRUCTURA DE RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS. [Consulta: 8 maig 2020]. 2016. Disponible a: http://www.energia.lapalma.es/descargas/movilidad/Estrategia_Red_Optima.pdf
- [29]. BMWgroup. Manual de instalación de un Walbox. en línia]. [Consulta: 7 maig 2020]. Disponible a: https://charging.bmwgroup.com/documents/20722/163619/BMW+i+Wallbox_Manual+de+instalaci%C3%B3n.pdf/cf5b60e0-9b9e-44fe-a1a6-8520c1349521
- [30]. LugEnergy. Wallbox. [en línia]. [Consulta: 2 abril 2020]. Disponible a: <https://www.lugenergy.com/que-es-wall-box/>
- [31]. MyRecarga. Modos de recarga de los vehículos eléctricos. [en línia]. [Consulta: 2 abril 2020]. Disponible a: <https://www.myrecarga.es/modos-de-carga-coche-electrico/>
- [32]. e-Mobility. Carga Ultra Rapida [en línia]. [Consulta: 1 abril 2020]. Disponible a: <http://www.e-mobilityconsulting.com/carga-ultra-rapida.html>
- [33]. Vélez Sánchez, J. G. . Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y El Ecuador. ISBN 0102559325. UNIVERSIDAD DE CUENCA
- [34]. Transports Metropolitans de Barcelona. MEMORIA CORPORATIVA DE TMB 2018. [Consulta: 1 abril 2020]. Disponible a: https://www.tmb.cat/documents/20182/322063/Memoria+Corporativa+de+TMB+2018_ES/10ac41a8-32fd-40ef-972d-0561cb2d4fc7

- [35]. Nexotrans. TMB presenta una flota elèctrica de alta capacitat, para una línia zero emissions [en línia]. [Consulta: 1 abril 2020]. Disponible a: <http://www.nexotrans.com/noticia/92615/NEXOBUS/TMB-presenta-una-flota-electrica-de-alta-capacidad-para-una-linea-cero-emisiones.html>
- [36]. ForumSport. ELECTRIC SCOOTER BLACK NE [en línia]. [Consulta: 19 maig 2020]. Disponible a: https://www.forumsport.com/es-es/xiaomi-patinetes-electricos-mi-electric-scooter-black-fbc4004gl-1000522951-p?gclid=Cj0KCCQjwybD0BRDyARIsACyS8mu7mXpNHojYQC9zbNM_KhtQuKw5ZatjqPy3_NgtZANX74xibtBheWJQaAqRMEALw_wcB#go-reviews
- [37]. SYTECH. Manual del usuario. [en línia]. [Consulta: 19 maig 2020]. Disponible a: <http://exchange.sytech.es/docs/manuales/RPTROTTERA.pdf>
- [38]. Institut d'Estadística de Catalunya. Idescat [en línia]. [Consulta: 17 juny 2020]. Disponible a: <https://www.idescat.cat/>
- [39]. SIMBA. Sistema d'Indicadors Metropolitans de Barcelona [en línia]. [Consulta: 12 abril 2020]. Disponible a: https://iermbdb.uab.cat/index.php?ap=0&id_ind=1181&id_cat=-2
- [40]. Direcció General de Tràfic (DGT). Análisis de los kilómetros recorridos anualmente por los diferentes vehiculos. [en línia]. [Consulta: 30 abril 2020]. Disponible a: <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/infografias/analisis-km-itv.shtml>
- [41]. TRAVELIFESTAYBETTER. Fuel conversion to kWh. [en línia]. [Consulta: 30 abril 2020]. Disponible a: <https://travelifestaybetter.com/wp-content/uploads/2019/02/17-ES-Fuel-Conversion-to-kWh-and-CO2e.pdf>
- [42]. Dades obertes de Catalunya. Instal·lació de producció d'energia elèctrica [en línia]. [Consulta: 26 maig 2020]. Disponible a: <https://analisi.transparenciacatalunya.cat/Energia/Instal-laci-de-producci-d-energia-el-ctrica-Dades-/arbg-m6sq>
- [43]. Red Eléctrica de España. REData [en línia]. [Consulta: 19 abril 2020]. Disponible a: <https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-generacion>
- [44]. Àrea Metropolitana de Barcelona. Energia [en línia]. [Consulta: 19 juny 2020]. Disponible a: <http://www.amb.cat/s/es/web/territori/infraestructures-metropolitanes/sobre-les-infraestructures/energia.html>

- [45]. Agencia del desenvolupament Urbà. POTENCIAL D'ENERGIA SOLAR A L'AMB [en línia]. 2014. [Consulta: 19 juny 2020]. Disponible a: www.bcnregional.com
- [46]. A punto arquitectura [en línia]. [Consulta: 29 maig 2020]. Disponible a: <https://www.apuntoarquitectura.com/wp-content/uploads/2019/01/Puedo-cargar-coche-electrico-en-mi-garaje-apuntoarquitectura-700x350.jpg>
- [47]. Institut Català d'Energia. Infraestructura de recàrrega. [en línia]. [Consulta: 29 maig 2020]. Disponible a: http://icaen.gencat.cat/es/energia/usos_energia/mobilitat/vehicle/recarrega/
- [48]. MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD. Guía técnica de aplicación de la ITC-BT 52. 2017. Disponible a: http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_52_nov17R1.pdf
- [49]. Habitissimo. ¿Cuánto cuesta instalar un punto de recarga para coche eléctrico? [en línia]. [Consulta: 25 maig 2020]. Disponible a: <https://www.habitissimo.es/presupuestos/instalar-punto-de-recarga-para-coche-electrico>
- [50]. MEMÒRIA ECONÒMICA DEL PLA D'ACCIÓ PER AL DESPLEGAMENT D'INFRAESTRUCTURA DE RECÀRREGA PER ALS VEHICLES ELÈCTRICS. ISSN 2016-2019.
- [51]. Electromaps. Listado de puntos de recarga en Barcelona, España [en línia]. [Consulta: 2 abril 2020]. Disponible a: <https://www.electromaps.com/ca/punts-de-recarrega/espana/barcelona>
- [52]. Gasolineras en BARCELONA. Precio actualizado [en línia]. [Consulta: 14 abril 2020]. Disponible a: <https://gasolinabarata.info/cataluna/barcelona/>
- [53]. Ecologia, Urbanisme, Infraestructures i Mobilitat de l'Ajuntament de Barcelona. Endolla Barcelona, nou servei municipal de punts de recàrrega per a vehicles elèctrics [en línia]. [Consulta: 15 abril 2020]. Disponible a: https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/ca/noticia/endolla-barcelona-nou-servei-municipal-de-punts-de-recarrega-per-a-vehicles-electrics_845464
- [54]. Endolla. Mapa [en línia]. [Consulta: 15 abril 2020]. Disponible a: <https://www.endolla.barcelona/mapa>
- [55]. PLA METROPOLITÀ DE MOBILITAT URBANA 2019-2024 PROPOSTA DEL PLA (FASE 2: ESCENARIS I PROPOSTES). A: . ISSN 2019-2024.
- [56]. Àrea Metropolitana de Barcelona. Electrolineres [en línia]. [Consulta: 15 abril 2020]. Disponible a: <http://www.amb.cat/web/mobilitat/projectes-oberts/detall/-/projecteobert/electrolineres/6378718/11704#>

- [57]. Ecologia, Urbanisme, Infraestructures i Mobilitat de l'Ajuntament de Barcelona. Desenvolupament del Vehicle Elèctric a Barcelona [en línia]. 2016, Disponible a: <https://docplayer.es/133975199-Informe-per-a-la-ceum-desenvolupament-del-vehicle-electric-a-barcelona.html>
- [58]. Betevé. Punts Recàrrega Elèctrica Barcelona [en línia]. [Consulta: 20 maig 2020]. Disponible a: <https://beteve.cat/mobilitat/punts-recarrega-electrica-barcelona-cotxes-motos/>
- [59]. Dades obertes de Catalunya. Estacions de recàrrega per a vehicle elèctric a Catalunya [en línia]. [Consulta: 21 maig 2020]. Disponible a: <https://analisi.transparenciacatalunya.cat/Transport/Estacions-de-rec-rrega-per-a-vehicle-el-ctric-a-Ca/tb2m-m33b>
- [60]. Àrea Metropolitana de Barcelona. La mobilitat a l'àrea metropolitana de Barcelona [en línia]. [Consulta: 21 maig 2020]. Disponible a: <http://www.amb.cat/s/web/area-metropolitana/dades-estadistiques/mobilitat-i-transport.html>
- [61]. Diario Oficial de la Unión Europea. DIRECTIVA 2014/94/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos. 2014.
- [62]. Feníe Energía. Electricidad [en línia]. [Consulta: 17 maig 2020]. Disponible a: <https://www.fenieenergia.es/energia/electricidad/#t416>
- [63]. Adif. Funcionamiento ferrolineras. . [en línia]. [Consulta: 13 juny 2020]. Disponible a: www.adif.es
- [64]. WWF España. Observatorio de la Electricidad Anual 2016. [en línia]. [Consulta: 20 juny 2020]. Disponible a: http://awsassets.wwf.es/downloads/oe_anual_2016.pdf
- [65]. Transició energètica i sectors productius. A: Factor d'emissions de contaminants emesos a l'atmosfera. 2011, p. 1-5. [Consulta: 21 juny 2020].
- [66]. Agencia Tributaria. Tabla de coeficientes de amortización lineal [en línia]. [Consulta: 21 juny 2020]. Disponible a: https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/_Segmentos_/Empresas_y_profesionales/Empresas/Impuesto_sobre_Sociedades/Periodos_impositivos_a_partir_de_1_1_2015/Base_imponible/Amortizacion/Tabla_de_coeficientes_de_amortizacion_lineal_.shtml
- [67]. Cepsa. GASOLINA ÓPTIMA 98 COMPONENTES [en línia]. [Consulta: 1 juny 2020]. Disponible a: https://www.cepsa.es/stfls/comercial/FICHEROS/FichaTecnica_Optima_98.pdf

[68]. Cepsa. GASOLEO A. [en línia]. [Consulta: 1 juny 2020]. Disponible a: <https://www.cepsa.es/es/utilidades/catalogo/diesel-optima>

[69]. Cepsa. Gasolina Óptima 95 Componentes [en línia]. [Consulta: 1 juny 2020]. Disponible a: https://www.cepsa.es/stfls/comercial/FICHEROS/Productos/FichaTecnica_Optima_95.pdf

[70]. Ministerior de Indústria, comercio y turismo. PLAN MOVEA 2019 [en línia]. [Consulta: 12 juny 2020]. Disponible a: https://industria.gob.es/es-es/participacion_publica/Documents/consulta-publica-previa-MOVEA-2019.pdf

[71]. Autoritat del Transport Metropolità. Xarxa Ferroviària Integrada [en línia]. [Consulta: 19 juny 2020]. Disponible a: https://doc.atm.cat/ca/xarxa_ferrov_global.pdf

Annex A

Càlcul dels consums dels diferents tipus de vehicle elèctric

El consum d'un vehicle elèctric també es pot relacionar amb la capacitat de la bateria (quantitat d'energia elèctrica que pot emmagatzemar al seu interior) i l'autonomia que tingui el vehicle en qüestió. Per tant com es pot apreciar a l'Equació 0.1 a més capacitat de les bateries, podríem obtenir una major autonomia.

$$\text{Autonomia vehicle elèctric (km)} = \frac{\text{Capacitat Bateria (kWh)}}{\text{Consum (kWh/km)}}$$

Equació 0.1 Autonomia d'un vehicle elèctric. Font pròpia

Per tant, aplicant aquesta equació als diferents models de vehicles elèctrics obtenim el consum de cada model i a la vegada el consum mitjà dels diferents tipus de vehicles elèctrics (Taula 0.1).

Taula 0.1 Consum (kWh/100km) dels vehicles elèctrics més venuts.

Autobusos

Model	Autonomia km	Capacitat bateria kWh	consum kWh/km
Irizar i2e 10-12m	220	376	1,71
BYD K9UB	250	324	1,3
Solaris Urbino E12	175	240	1,37
Consum mitjà			0,88

Vehicles comercials lleugers (furgonetes i camions < 3500 kg)

Model	Autonomia km	Capacitat bateria kWh	consum kWh/km
Renault Kangoo ZE	200	33	0,17
Nissan e-NV200	301	40	0,13
Peugeot Partner EV	87	22,5	0,26
Citroen Berlingo EV	170	22,5	0,13
Goupil G4	100	15,4	0,15
Consum mitjà			0,17

camions > 3500 kg

Model	Autonomia km	Capacitat kWh	Consum kWh/km
FL Electric Volvo	300	300	1
Consum mitjà			1

Turismes

Model	Autonomia km	Capacitat bateria kWh	consum kWh/km
Renault Zoe	300	41	0,14
Nissan Leaf	285	40	0,14
Mitsubishi Outlander PHEV	54	13,8	0,26
KIA Niro PHEV	58	8,9	0,15
Mini Countryman PHEV	40	5,7	0,14
Consum mitjà			0,17

Motocicletes

Model	Autonomia km	Capacitat bateria kWh	consum kWh/km
Torrot Muvi Electric	78	2,4	0,03
Scutum S02 Electric	125	6	0,05
BMW C Evolution Electric	160	12,5	0,08
Going Green The Core Electric	98	4	0,04
Askoll ES Pro 70 Electric	96	2,82	0,03
Consum mitjà			0,045

Ciclomotors

Model	Autonomia km	Capacitat bateria kWh	consum kWh/km
Scutum S02 Electric	50	2	0,04
NIU NSPORT	160	4,2	0,03
Lifan E3	50	1,44	0,03
NIU MPRO	120	4	0,03
Askoll ES1	40	1,045	0,03
Consum mitjà			0,03

Consum del parc de vehicles convencionals de l'AMB

Per realitzar una comprovació del sistema dissenyat per realitzar les estimacions dels diferents escenaris s'ha obtingut els valor de dièsel i gasolina consumits l'any 2017 a nivell estatal i s'han ajustat a les condicions de l'Àrea Metropolitana, mitjançant la diferència entre el parc vehicular a l'AMB i de l'estat Espanyol (Taula 0.2).

Taula 0.2 Quantitat de carburant empleat pel transport de carretera durant l'any 2017 a l'Àrea Metropolitana de Barcelona

Tipus de combustible	Quantitat consumida de carburant en el transport de carretera a l'AMB (milers de tones/any)	Quantitat consumida de carburant en el transport de carretera a l'AMB (litres/any)
Gasolina 95	378,265867	506041294*
Gasolina 98	32,8816586	43988841*
Dièsel A	963,7229	1157625105*

*Utilitzant els valors de densitat de la gasolina igual a $747,5 \text{ kg/m}^3$ i la densitat del dièsel igual a $832,5 \text{ kg/m}^3$ [67][68][69]

S'ha realitzat un ajust de les dades de consum de gasolina i dièsel anual per part del transport de carretera a nivell estatal, mitjançant la diferència entre el parc vehicular a l'AMB i l'estat Espanyol.

Comparant les dades obtingudes mitjançant el càlcul del consum a través dels quilòmetres recorreguts observem un petit error menor al 5% en el cas dels vehicles dièsel i menor al 15% en els vehicles de gasolina, i per tant, utilitzaré com a reals els valors calculats a l'apartat 11.1.