



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

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Mecànica

**ANÀLISI, VIABILITAT I FUTUR DE LES ALTERNATIVES ALS
MOTORS DE COMBUSTIÓ INTERNA.**



Memòria i Annexos

Autor: Martin Yavorov Hristov
Directora: Bàrbara Sureda
Convocatòria: Juny 2022

Resum

Aquest treball es fonamenta en l'estudi de les alternatives actuals que existeixen als motors de combustió interna, en concret dels motors elèctrics. Està enfocat en l'anàlisi de la sostenibilitat de les alternatives elèctriques respecte als motors convencionals actuals, incloent un seguiment de la petjada de carboni, des de la fabricació d'un cotxe, fins al final de la seva vida útil.

En aquesta tesi es desenvolupa el tema dels diferents contaminants de l'aire provinents principalment de la combustió de combustibles fòssils. Seguidament, inclou un estudi de les alternatives actuals amb més potencial de substituir els motors de combustió, agafant com a alternativa potencial la motorització elèctrica, al mateix que un anàlisi dels diferents combustibles alternatius que contaminen menys que els convencionals.

A més a més, incorpora una àmplia recerca dels materials amb els quals es fabriquen les carrosseries dels vehicles, ja que determinen el pes final del turisme, el qual està directament relacionat amb el consum, i a conseqüència, amb les emissions. Un dels factors més crítics al moment de parlar de mobilitat elèctrica són les bateries. A conseqüència d'això, es parla de les bateries més comunes d'avui en dia i s'ha fet una comparació entre elles. Tanmateix, s'elabora una investigació per determinar tot el procés de fabricació d'una bateria, des de l'obtenció de la matèria primera, a l'assemblatge de la bateria acabada en un vehicle.

Com a part pràctica s'ha realitzat un assaig propi per comparar dos vehicles concrets, un compacte elèctric i un compacte dièsel. S'ha agafat el seu consum mitjà real i calculat l'emissió de carboni, incorporant la seva fabricació i els quilòmetres recorreguts durant la seva vida útil. D'aquesta manera, s'ha pogut determinar en quin punt de la seva vida útil un vehicle elèctric comença a ser menys contaminant que un de combustió interna, basant-nos en la tecnologia i el mix elèctric actual de tres països diferents.

A partir de les dades obtingudes, s'ha simulat una substitució dels cotxes de combustió convencionals per elèctrics. S'ha agafat Alemanya com a país d'exemple per dur a terme aquesta simulació, tenint en compte les capacitats de producció, la capacitat de subministrament d'energia i la capacitat de reciclatge, tant dels vehicles de combustió, com dels elèctrics.

Finalment, el treball conclou amb una recerca sobre les futures tendències de la mobilitat com a tal, és a dir, en quina direcció canviarà la mobilitat de cara al futur. No només sobre com s'accionaran els vehicles, sinó també sobre com canviarà el concepte de turisme que coneixem avui en dia i com aquesta tecnologia ajudarà encara més a la reducció dels consums i de les emissions.

Resumen

Este trabajo se basa en un estudio de las alternativas actuales que existen a los motores de combustión interna, en concreto de los motores eléctricos. Está enfocado en el análisis de la sostenibilidad de las alternativas eléctricas respecto a los motores convencionales actuales, incluyendo un seguimiento de la huella de carbono desde la fabricación de un coche, hasta el momento en que se acaba su vida útil.

En esta tesis se desarrolla el tema de los distintos contaminantes del aire provenientes, principalmente, de la combustión de combustibles fósiles. Seguidamente, incluye un estudio sobre las alternativas actuales con mayor potencial de sustituir los motores de combustión, tomando como alternativa potencial la motorización eléctrica; al igual que un análisis de los diferentes combustibles alternativos que contaminan menos que los convencionales.

Además, incorpora una amplia búsqueda de los materiales con los que se fabrican las carrocerías de los vehículos, ya que determinan el peso final del turismo y éste está directamente relacionado con el consumo, y como consecuencia, con las emisiones. Uno de los factores más críticos al momento de hablar de movilidad eléctrica son las baterías. Como consecuencia, se habla de las baterías más comunes de hoy en día y se realiza una comparación entre ellas. Asimismo, se elabora una investigación para determinar todo el proceso de fabricación de una batería, desde la obtención de la materia prima, hasta el ensamblaje de la batería terminada en un vehículo.

Como parte práctica se ha realizado un ensayo propio para comparar dos vehículos concretos, un compacto eléctrico y un compacto diésel. Se ha tomado su consumo medio real y calculado la emisión de carbono, incorporando su fabricación y los kilómetros recorridos durante su vida útil. De esta forma se ha podido determinar en qué punto de su vida útil un vehículo eléctrico empieza a ser menos contaminante que uno de combustión interna, basándonos en la tecnología y el mix eléctrico actual de tres países distintos.

A partir de los datos obtenidos, se ha realizado una simulación de sustitución de los coches de combustión convencionales por eléctricos. Para llevar a cabo esta simulación, se ha tomado Alemania como país de ejemplo, teniendo en cuenta las capacidades de producción, la capacidad de suministro de energía y la capacidad de reciclaje, tanto de los vehículos de combustión, como de los eléctricos.

Por último, el trabajo concluye con una búsqueda de las futuras tendencias de la movilidad como tal, es decir, en qué dirección cambiará la movilidad de cara al futuro. No sólo sobre cómo se accionarán los vehículos, sino también sobre cómo cambiará el concepto de turismo que conocemos hoy en día y cómo la tecnología ayudará aún más a la reducción de los consumos y de las emisiones.

Abstract

This work is based on a study on the current alternatives that exist to internal combustion engines, in particular electric motors. It focuses on the analysis of the sustainability of electric alternatives to current conventional engines, including tracking the carbon footprint from the manufacture of a car to the end of its useful life.

In this work, the topic of the different air pollutants coming mainly from the combustion of fossil fuels is developed. Next, a study of the current alternatives with the greatest potential to replace combustion engines, taking the electric motor as a potential alternative, is shown. An analysis of the different alternative fuels that pollute less than the conventional ones follows.

In addition, an extensive search has been introduced for the materials used to make the bodies of vehicles, as it is the main culprit that determines the final weight of tourism, which is directly related to consumption and consequently, to emissions. One of the most critical factors when it comes to electric mobility are the batteries. As a consequence, the most common batteries have been studied and a comparison has been made between them. However, research has been done to determine the entire process of making a battery, from obtaining the raw material to assembling the finished battery in a vehicle.

As a practical part, one of our own tests has been carried out to compare two specific vehicles, an electric compact and a diesel compact. Its actual average consumption has been taken and the carbon emission has been calculated by incorporating its manufacture and the kilometers traveled during its useful life. In this way, it has been possible to determine at what point in the life of an electric vehicle it becomes less polluting than an internal combustion vehicle, based on current technology and the current electric mix of three different countries.

Based on the data obtained, a simulation has been made of the replacement of conventional combustion cars with electric ones. To carry out this simulation, Germany has been taken as an example country, considering the production capacities, the energy supply capacity and the recycling capacity of both combustion and electric vehicles.

Finally, the work concludes with a search for the future trends of mobility as such, that is, in which direction mobility will change for the future. Not only how vehicles will be driven but how the concept of tourism we know today will change and how this technology will further help reduce fuel consumption and emissions.

Glossari

BEV (*Battery Electric Vehicle*): vehicle amb motor elèctric accionat per bateria pròpia.

HEV (*Híbrid Electric Vehicle*): vehicle híbrid, motor de combustió i motor elèctric. La bateria es recarrega únicament de forma interna.

PHEV (*Plug in Híbrid Electric Vehicle*): vehicle híbrid, motor de combustió i motor elèctric. La bateria es recarrega de forma interna però també amb font d'alimentació externa.

FCEV (*fuel cell electric drive*): vehicle elèctric amb pila de combustible.

ICEV (*internal combustion engine vehicle*): vehicle de combustió interna.

CO₂: Diòxid de carboni.

NO_x: Òxid de nitrogen.

CO: monòxid de carboni.

HC: Hidrocarbur.

E10: gasolina amb 10 % d'etanol.

B7: Combustible dièsel que porta un 7 % de biocombustible.

LPG (*Liquified Petroleum Gas*): gas de petroli líquid.

LNG (*Liquified Natural Gas*): gas natural líquid.

CNG (*Compressed Natural Gas*): gas natural comprimit.

CCS (*Carbon capture and storage*): captura de carboni i emmagatzematge.

OEM (*Original equipment manufacturer*): propi fabricant del vehicle.

PM: partícules en suspensió.

BIW (*Body in white*): cos en blanc que es refereix a la carrosseria del vehicle

CN (*cetane number*): nombre de cetà.

CFRP (*Carbon fiber reinforced plastic*): plàstic reforçat amb fibra de carboni.

ECV (*Experimental compost vehicle*): vehicle compost experimental

ULSAB (*Ultra Light Steel Auto Body*): cos de cotxe fet d'acer super lleuger.

FSV (*Future Steel Vehicle*): cotxe d'acer del futur.

CASE (*conected, autonomus, shared & electric*): connectat, autònom, compartit i elèctric.

CASE 2.0 (*Cost-effective, accessible, safe & Enviromentally friendly*): cost efectiu, accessible, segur i curós amb el medi ambient.

SAE (*Society of Automotive Engineers*): Societat d'Enginyers d'Automoció.

ES: Espanya

DE: Alemanya

SE: Suècia

Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
GLOSSARI	IV
ÍNDEX DE FIGURES	X
ÍNDEX DE TAULES	XIII
1. PREFACI	1
1.2. Origen del treball	1
1.3. Motivació	1
2. INTRODUCCIÓ	3
2.1. Objectius del treball.....	3
2.2. Abast del treball.....	3
3. MARC HISTÒRIC	5
3.1. Inicis de l'automoció	5
3.2. Evolució.....	6
3.3. Situació actual.....	7
4. CONTAMINACIÓ DEL AIRE	8
4.1. Òxids de nitrogen.....	8
4.2. Monòxid de Carboni	8
4.3. Hidrocarburs no cremats.....	9
4.4. Altres contaminants.....	9
4.5. Escalfament global.....	9
5. ALTERNATIVES ACTUALS ALS MOTORS DE COMBUSTIÓ	14
5.1. Vehicle elèctric (BEV).....	14
5.2. Híbrids (HEV).....	15
5.3. FCEV	17
6. COMBUSTIBLES ALTERNATIUS	18
6.1. Combustibles per motors d'encesa per guspira	19

6.1.1.	Combustibles amb cert percentatge d'alcohol (Etanol, Butanol, Metanol):.....	19
6.1.2.	Combustibles líquats (LPG, LNG).....	20
6.1.3.	Combustibles gasosos (CNG, H)	21
6.2.	Combustibles per a motors de compressió.....	21
7.	COMPENSACIÓ DE LES EMISSIONS	24
7.1.	Escenari 1	25
7.2.	Escenari 2	26
7.3.	Escenari 3	28
7.4.	Escenari 4	29
7.5.	Escenari 5	31
7.6.	Escenari 6	32
7.7.	Resultats.....	34
8.	LOCALITZACIÓ DE LES EMISSIONS	35
9.	BIW	37
9.1.	Requeriments.....	37
9.2.	Materials	38
9.2.1.	Acer.....	38
9.2.2.	Alumini.....	39
9.2.3.	Magnesi	40
9.2.4.	Polímers, plàstics i compostos	40
9.2.5.	Materials Avançats	41
9.3.	Programes de desenvolupament	43
9.3.1.	Experimental composite vehicle (ECV)	43
9.3.2.	Ultra Light Steel Auto Body (ULSAB)	43
9.3.3.	Future Steel Vehicle (FSV)	44
9.3.4.	FreedomCAR.....	44
9.3.5.	SuperLight Car	45
10.	BATERIES	46
10.1.	Tipus de bateries actuals	46
10.1.1.	Bateria Plom àcid:.....	47
10.1.2.	Bateria Níquel i hidrur metàl·lic:	48
10.1.3.	Ió-Liti	49
10.2.	Obtenció i fabricació	51
10.3.	Origen de la matèria primera	53

11. SIMULACIÓ D'UN ESCENARI DE MOBILITAT ALTERNATIU	55
11.1. Vehicles escollits	55
11.2. Recorregut escollit per fer la comparativa.....	57
11.3. Càlculs necessaris per fer l'estudi.....	58
11.4. Resultats obtinguts	61
11.5. Comparació amb un vehicle híbrid endollable (PHEV)	64
12. ANÀLISI D'UN POSSIBLE ESCENARI DE SUBSTITUCIÓ DELS COTXES DE COMBUSTIÓ INTERNA PER ELÈCTRICS.	71
12.1. Producció de cotxes elèctrics:	71
12.2. Energia necessària per carregar els vehicles:.....	75
12.3. Reciclatge dels vehicles de combustió existents.....	76
12.4. Infraestructura necessària.....	77
12.5. Com seran reciclats els cotxes elèctrics	78
13. TENDÈNCIES DE FUTUR	81
13.1. CASE	81
13.1.1. Connectat.....	81
13.1.2. Autònom	81
13.1.3. Compartit	83
13.1.4. Elèctric.....	83
13.2. CASE 2.0	83
13.2.1. Cost efectiu	83
13.2.2. Accessible	84
13.2.3. Segur.....	84
13.2.4. Curós amb el medi ambient.....	84
14. ANÀLISI DE L'IMPACTE MEDIAMBIENTAL	88
CONCLUSIONS	89
PRESSUPOST I/O ANÀLISI ECONÒMICA	91
BIBLIOGRAFIA	93
ANNEX A	101
A1. Visita al museu de Mercedes-Benz a Stuttgart	101
A2. Visita a la exposició de vehicles clàssics de Stuttgart	106



Índex de figures

Figura 3.1. Ayrton i Perry Tricycle elèctric_____	5
Figura 3.2. Eix cronològic que mostra els esdeveniments mes importants del sector de l'automoció_	6
Figura 4.1. Gràfic que mostra la contribució en l'emissió de gasos d'efecte d'hivernacle de cada sector _____	10
Figura 4.2. Gràfic que mostra la distribució de l'emissió de CO ₂ Dintre del sector del transport_____	11
Figura 4.3. Gràfic que mostra el creixement global dels nivells de CO ₂ en ppm _____	12
Figura 4.4. Gràfic de les anomalies en la temperatura terrestre mitjana en funció dels anys_____	13
Figura 5.1. Esquema explicatiu dels diferents tipus d'accionaments_____	14
Figura 5.2. Funcionament d'un vehicle amb pila d'hidrogen _____	17
Figura 6.1. Esquema explicatiu de l'eficiència dels e-combustibles _____	18
Figura 6.2. Influència del contingut d'etanol en l'emissió de òxids de nitrogen i altres tòxics _____	19
Figura 6.3. Impacte en les emissions en funció del percentatge de biodièsel _____	22
Figura 7.1. Comparació del total de tones de CO ₂ emeses en funció dels quilòmetres recorreguts _____	25
Figura 7.2. Comparació del total de tones de CO ₂ durant la vida útil dels vehicles _____	26
Figura 7.3. Comparació del total de tones de CO ₂ emeses en funció dels quilòmetres recorreguts _____	27
Figura 7.4. Comparació del total de tones de CO ₂ durant la vida útil dels vehicles _____	27
Figura 7.5. Comparació del total de tones de CO ₂ emeses en funció dels quilòmetres recorreguts _____	28
Figura 7.6. Comparació del total de tones de CO ₂ durant la vida útil dels vehicles _____	29

Figura 7.7. Comparació del total de tones de CO ₂ emeses en funció dels quilòmetres recorreguts	30
Figura 7.8. Comparació del total de tones de CO ₂ durant la vida útil dels vehicles	30
Figura 7.9. Comparació del total de tones de CO ₂ emeses en funció dels quilòmetres recorreguts	31
Figura 7.10. Comparació del total de tones de CO ₂ durant la vida útil dels vehicles	32
Figura 7.11. Comparació del total de tones de CO ₂ emeses en funció dels quilòmetres recorreguts	33
Figura 7.12. Comparació del total de tones de CO ₂ durant la vida útil dels vehicles	33
Figura 9.1. Diferents formes de intercalar les fibres de carboni	41
Figura 9.2. Prototip de Carrosseria de Superlightcar	45
Figura 10.1. Esquema explicatiu de la bateria de plom àcid	47
Figura 10.2. Esquema explicatiu del funcionament d'una bateria de níquel i hidrur metàl·lic	49
Figura 10.3. Esquema explicatiu del funcionament de la bateria de ió-Liti	50
Figura 10.4. Obtenció i fabricació d'una bateria d'un vehicle BEV	51
Figura 10.1. Imatge del Volkswagen e-Up!	56
Figura 10.2. Imatge del Audi A3 Hothatch	56
Figura 10.3. Mapa del trajecte recorregut de Tubinga a Weissach	57
Figura 10.4. Mapa del trajecte recorregut de Weissach a Tubinga	57
Figura 11.3. Gràfica de comparació del total de CO ₂ emès amb cada vehicle	62
Figura 11.4. Gràfica de comparació del total de CO ₂ emès amb cada vehicle detallada	62
Figura 11.5. Gràfica de comparació del total de CO ₂ emès amb cada vehicle	69

Figura 12.1. Gràfica que mostra l'evolució de les vendes de cotxes elèctrics a Alemanya durant la última dècada _____	71
Figura 12.2. Gràfica que mostra el moment on es comencen a compensar les emissions de CO ₂ _____	72
Figura 12.3. Gràfica que mostra l'increment de l'estalvi d'emissions de CO ₂ en funció dels anys _____	73
Figura 12.4. Gràfica que mostra el moment on es comencen a compensar les emissions de CO ₂ _____	74
Figura 12.5. Gràfica que mostra l'increment de l'estalvi d'emissions de CO ₂ en funció dels anys _____	75
Figura 12.6. Gràfic que mostra la capacitat de la bateria en funció dels temps _____	78
Figura 13.1 Classificació dels diferents nivells d'automatització _____	82
Figura 13.2. Foto explicativa de com funciona el mètode de platooning _____	85
Figura 13.3. Gràfica que mostra la resistència aerodinàmica en funció de la velocitat _____	86
Figura A1.1. Mercedes-Benz Auto 2000 _____	103
Figura A1.2. Mercedes-Benz NECAR 1 _____	104
Figura A1.3. Mercedes-Benz B-Klasse F-cell _____	104
Figura A1.4. Mercedes-Benz SLS AMG Coupé Electric Drive _____	105
Figura A1.5. Mercedes-AMG GT Concept _____	106
Figura A1.4. Software que calcular la millor forma d'accionament _____	107
Figura A2.1. RABus _____	108

Índex de taules

Taula 7.1. Taula comparativa de les emissions que es produeixen al conduir un cotxe elèctric en un donat país _____	34
Taula 8.1. Taula resum dels fabricants i la procedència de les seves bateries _____	35
Taula 9.1. taula de comparació de les propietats físiques del CFRP i l'Acer _____	42
Taula 10.1 Característiques de les bateries mes comunes en el sector de l'automoció _____	46
Taula 10.2. Proporció de pes que aporta cada material del total del pes de la bateria d'un cotxe elèctric _____	52
Taula 11.1 Taula amb les especificacions tècniques dels vehicles escollits _____	55
Taula 11.2. Taula amb els resultats obtinguts de les emissions totals de cada vehicle en funció dels km _____	61
Taula 11.3. Taula amb les especificacions tècniques de l'Audi A3 TFSI E. _____	64
Taula 11.4. Taula amb els resultats obtinguts de les emissions totals de cada vehicle en funció dels km _____	69
Taula 13.1. Taula comparativa dels diferents mètodes de reducció de consum _____	87
Taula 14. Taula amb el total d'emissions de CO ₂ del treball _____	88
Taula 15. Taula amb el pressupost total del treball. _____	91

1. Prefaci

1.2. Origen del treball

Des de la creació del primer automòbil per Carl Benz l'any 1886, els turismes i els vehicles destinats al transport de mercaderies han canviat dràsticament el món en el qual vivim. Han generat un gran impacte en el dia a dia de les persones i formen part de la nostra cultura. La invenció i desenvolupament d'aquests han millorat i optimitzat les formes de transport, tant de persones com de mercaderies.

La seva aparició, per l'altra banda, ha comportat un augment de les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle, que acceleren el canvi climàtic, i de la contaminació acústica, sobretot en les ciutats. Degut a aquestes severes conseqüències, el món de l'automoció està vivint un gir de 180 graus.

El transport és un dels sectors més importants en la generació de gasos d'efecte d'hivernacle. Degut a l'elevat ús dels vehicles i la gran importància que tenen a l'hora de parlar de contaminació, tot el sector està apostant per sistemes d'accionament alternatius als de combustió interna convencionals. Aquest procés de canvi s'està accelerant cada cop més, i la majoria d' *Original equipment manufacturer (OEM)* tenen l'objectiu fixat de ser CO₂ neutrals de cara al 2030.

1.3. Motivació

El món de l'automoció sempre ha sigut de gran interès per mi, des dels seus inicis fins a l'actualitat. El món està evolucionant, i així també ho fan els mitjans de transport: no només la seva forma d'accionament, sinó també el propi concepte de mitjà de transport. Degut a la meva gran passió per l'automoció he volgut enfocar aquest treball en l'anàlisi de com estan canviant els mitjans de transport, en concret els turismes, i com aquests s'adapten a les noves formes de mobilitat.

El fet de reduir la contaminació comporta molts canvis en el sector de l'automoció. Des de la millora d'eficiència utilitzant combustibles alternatius, el desenvolupament de sistemes d'accionament alternatius com l'electrificació i la millora de l'obtenció de l'energia elèctrica a partir de fonts d'energies renovables, fins a la reducció de pes amb materials més lleugers, la millora de l'aerodinàmica, la connectivitat i l'avenç tecnològic. Tots aquests factors, entre d'altres, són claus per a la reducció de gasos, tant d'efecte d'hivernacle, com d'altres que són altament nocius per a la salut.

2. Introducció

2.1. Objectius del treball

Aquesta tesi tracta d'englobar tots els factors que impliquen la definició d'un transport més sostenible. Concretament, tracta d'analitzar les diferents possibilitats que es presenten al sector de l'automoció per tal de reduir les emissions d'efecte d'hivernacle, des de canvis en la forma d'accionament, millores en la producció d'aquests, aplicant tècniques de reducció del consum gràcies a la tecnologia, fins a la connectivitat. A més a més, tracta d'analitzar la realitat de la millora d'emissions que realment proporcionen les alternatives d'accionament actuals.

2.2. Abast del treball

Aquest treball té com a objectiu fer una recerca àmplia dels sistemes d'accionament alternatius als motors de combustió interna. Englobant els combustibles alternatius (e-fuels) i com el desenvolupament de nous combustibles pot presentar una millora a nivell d'emissions. Seguidament, analitzar com l'avenç tecnològic permet optimitzar i millorar la capacitat de les bateries ampliant així l'autonomia dels cotxes elèctrics.

Com a part d'aportació pròpia consta d'un anàlisi de les emissions que emet un cotxe, des de la primera peça que es fabrica, fins al moment on acaba la seva vida útil, per així poder fer una comparativa i avaluar fins a quin punt les opcions de millora, que es presenten avui en dia, són realment eficients.

Com a part pràctica consta d'un experiment agafant dos vehicles compactes: un dièsel i un elèctric. A partir dels consums mitjans reals s'analitza a partir de quin punt de la seva vida útil es presenta una millora real. Es tracta el tema del reciclatge, ja que no podem parlar de sostenibilitat sense el reciclatge (cotxes, bateries...), al igual que l'optimització del pes del vehicle fent un estudi dels materials actuals que existeixen. Finalment, s'estudien les tendències de futur, com la tecnologia pot ajudar a fer els turismes més eficients i com canviarà la mobilitat en si.

Hi ha més temes relacionats amb la millora de la contaminació dels mitjans de transport, que engloben la mateixa obtenció dels combustibles o bé d'electricitat, però això queda fora de l'abast d'aquest treball.

3. Marc Històric

Per poder comprendre la situació actual amb la qual s'està enfrontant l'automoció, s'ha de partir des dels inicis. Seguidament analitzarem com ha evolucionat al llarg del temps i perquè ha arribat al punt on es troba actualment.

3.1. Inicis de l'automoció

L'inici de l'automoció se situa al segle XIX. El primer cotxe data de l'any 1839, aquest era elèctric i va ser elaborat per Robert Anderson a Escòcia. No va ser fins a l'any 1881 que es va donar lloc al primer cotxe elèctric oficial. Aquest va ser desenvolupat per Ayrton i Perry a Anglaterra.

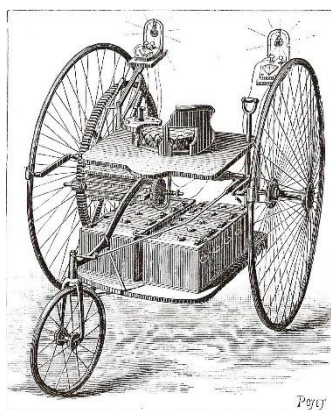


Figura 3.1. Ayrton i Perry Tricycle elèctric (Font: wikipedia)

El 1886 va ser l'any en què es va crear el primer cotxe accionat per combustió interna. Els seus creadors van ser Carl Benz i Gottlieb Deimler.

Als inicis de l'automoció, els vehicles de combustió interna no van tenir gaire èxit, a causa de les dificultats mecàniques que presentaven. Perquè una persona els pogués conduir havia de tenir coneixements de mecànica, ja que aquests constantment tenien problemes tècnics. D'aquesta manera les primeres dècades l'èxit van ser els cotxes elèctrics. Eren simples de conduir, no feien soroll i disposaven d'una simplicitat mecànica. Òbviament, els vehicles elèctrics de l'època comptaven amb un inconvenient seriós que era l'autonomia.

Al 1899 a Estats units hi havia el doble de vehicles elèctrics matriculats que no de combustió. Els percentatges dels vehicles matriculats en aquella època es dividia en: 40% accionats per vapor, 40% elèctrics i 20% de combustió interna.^[32]

L'any 1900 Ferdinand Porsche (Fundador de l'actual Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Stuttgart) va presentar el primer vehicle híbrid d'accionament elèctric i gasolina anomenat (Lohner-Porsche). Ferdinand Porsche va ser pioner en introduir el concepte de mobilitat híbrida, molt similar a com es coneix avui en dia. Aquest vehicle era capaç de recórrer 200 km d'autonomia i posseïa una velocitat màxima de 35 km/h.^[54]

El 1911, es va inventar el motor d'arrancada el qual va facilitar molt la conducció dels vehicles convencionals i van començar a agafar avantatge respecte als elèctrics.

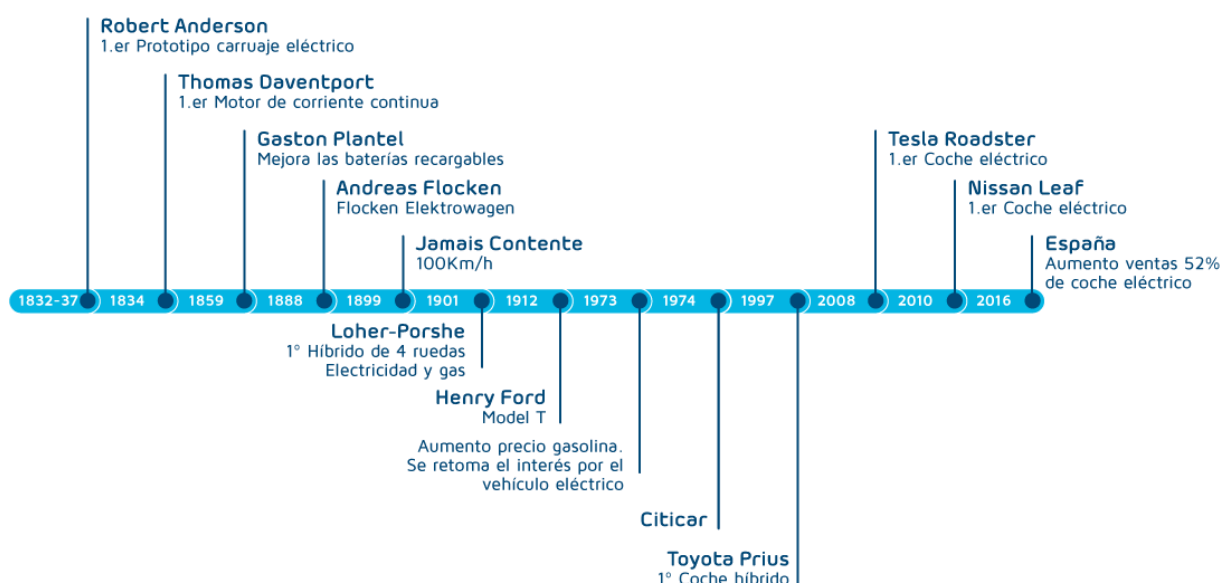


Figura 3.2. Eix cronològic que mostra els esdeveniments més importants del sector de l'automoció. (Font: Alcaniza movilidad.)

3.2. Evolució

El període (1914 - 1970), es pot definir com l'auge dels vehicles de combustió interna. L'evolució tecnològica i el descobriment de diverses fonts de petroli (fet que va abaratir el seu cost) van facilitar aquesta evolució. El cotxe elèctric no va poder combatre contra la comoditat que proporcionaven els vehicles de combustió interna. Es podia trobar benzina a tot arreu, era ràpid de recarregar i proporcionaven una autonomia considerablement millor que els elèctrics.

Aquesta va ser l'època on gràcies a la producció en cadena, l'avenç tecnològic i l'automatització de processos es van reduir els costos de producció. Aquest fet, lligat a la millora de l'estatus econòmic

de la població, va produir una certa dependència cap als cotxes. Es van convertir en una simbologia de llibertat i mostra de cert nivell econòmic. I en conseqüència, el desig per a adquirir-ne un va ser cada cop més gran. Per la qual cosa es van disparar les vendes, van aparèixer molts més fabricants i aquesta tendència es va estendre internacionalment.

3.3. Situació actual

A causa de l'embargament àrab del petroli l'any 1973, les empreses automobilístiques van voler reduir la seva dependència del petroli. Per aquesta raó van començar a invertir en electrificació. L'etapa des d'aquell moment fins a aproximadament l'any 2000, es pot definir com a transició. A partir de principis del segle XIX fins avui dia, es pot definir com a revolució. En qüestió de pocs anys, el sector automobilístic ha viscut un gir dràstic.

Avui en dia existeix un altre factor que fa que la balança s'inclini notablement cap al cantó elèctric, que és precisament la contaminació. Aquest factor ha forçat aquesta revolució automobilística i ha accelerat el procés d'innovació. A part de l'accionament elèctric han sorgit altres alternatives, com per exemple l'hidrogen. Les companyies estan en constant competició quan es tracte de fabricar vehicles amb accionament alternatiu als motors de combustió. I aquesta mateixa competència que es genera entre les grans companyies, impulsa i estimula el desenvolupament de vehicles amb accionament alternatiu als motors de combustió.

La planificació de les principals companyies de cara a la següent dècada és que a partir de l'any 2030 la seva producció sigui d'emissió nul·la de CO₂. I fins al mateix moment deixar de fabricar més turismes amb motors de combustió interna.

4. Contaminació del aire

Els vehicles convencionals utilitzen hidrocarburs com a combustible per al seu accionament. Perquè sigui possible la seva propulsió, es crea una combustió que és la reacció entre el combustible i l'aire. La calor produïda és convertida en moviment mecànic, i els gasos residuals de la combustió són alliberats a l'atmosfera.

En un escenari ideal la combustió d'hidrocarburs només emet diòxid de carboni i aigua. Els quals no afecten el medi ambient, ja que el CO_2 és necessari per a la vegetació. Això és pel fet que les plantes neutralitzen el diòxid de carboni a través de la fotosíntesi. Aquest gas no genera cap impacte als éssers vius a no ser que la seva concentració sigui tan alta que provoqui falta d'oxigen.

El problema és que la combustió dels hidrocarburs en els motors no és mai ideal. Quan una combustió no és ideal es generen altres gasos com: (NO_x) Òxids de nitrogen, (CO) monòxids de carboni, (HC) hidrocarburs que no han cremat. Els quals resulten ser tòxics per a la salut dels éssers vius.

4.1. Òxids de nitrogen

Els òxids de nitrogen es produeixen a partir de la reacció entre el nitrogen i l'oxigen que es troben en l'aire. El nitrogen per definició és un gas inert, però les altes temperatures i pressions que es produeixen en els motors, generen condicions favorables per a l'aparició d'òxids de nitrogen. Els més comuns són: NO, NO_2 , N_2O .

El NO un cop és alliberat a l'atmosfera reacciona amb l'oxigen per formar NO_2 . Seguidament, aquest torna a ser descompost en NO a partir dels rajos ultraviolats que emet el sol. En ser descompost s'emeten àtoms d'oxigen altament reactius que ataquen les membranes de les cèl·lules vives.

Aquest també reacciona amb aigua atmosfèrica per formar àcid nítric (HNO_3), el qual es dilueix en la pluja. Formant així la pluja àcida, la qual és responsable per la destrucció de boscos.

4.2. Monòxid de Carboni

Els monòxids de carboni es produeixen a partir de la combustió incompleta dels hidrocarburs per una falta d'oxigen els quals són altament perjudicials per als éssers vius. En el moment que el monòxid de carboni arriba a les cèl·lules sanguínies aquest es queda fixat a l'hemoglobina impedit que ho pugui fer l'oxigen. A conseqüència es redueix la quantitat d'oxigen que arriba als òrgans, afectant les funcions vitals bàsiques dels éssers vius.

4.3. Hidrocarburs no cremats

Aquests es produeixen arran de què no s'acaba de produir del tot la combustió. Depenent de la seva naturalesa aquests poden ser perjudicials per a la salut. Alguns actuen directament com a químics tòxics o cancerígenes. També són responsables per la generació de boirum. Els rajos ultraviolats del sol, els òxids de nitrogen i els hidrocarburs que no han cremat reaccionen i formen d'entre d'altres ozó troposfèric. L'ozó està format per tres molècules d'oxigen i és molt perillós per la salut, ja que ataca a les membranes de les cèl·lules vives, provocant el seu ràpid envelliment o mort.

4.4. Altres contaminants

Les impureses en els combustibles, com per exemple el sulfur, són les responsables per l'emissió de gasos contaminants. Durant la combustió del sulfur amb oxigen s'alliberen òxids de sulfur (majoritàriament diòxids de sulfur). Aquests en reaccionar amb l'oxigen de l'atmosfera, formen triòxid de sulfur. Aquest reacciona amb aigua i forma àcid sulfúric que és un dels components més comuns en la pluja àcida. L'alliberament d'aquest gas també es produeix en la combustió de carboni en les centrals elèctriques.

Altres contaminants es produeixen a partir dels additius que afegeixen les companyies petrolieres als combustibles. Principalment per a una millora de rendiment i cuidat del motor.

4.5. Escalfament global

L'escalfament global es produeix a causa de l'efecte d'hivernacle. Aquest es produeix principalment per l'alta concentració de vapor d'aigua, diòxid de carboni i altres gasos com: l'ozó, el metà, etc. Aproximadament la meitat de la radiació solar és absorbida per la superfície terrestre. Aquest fet provoca que la superfície emeti rajos infrarojos, els quals degut la presència de gasos d'efecte d'hivernacle a l'atmosfera, fan de barrera i retenen la major part d'aquests rajos infrarojos, provocant així un creixement de la temperatura global. Això provoca danys als ecosistemes que després provoquen catàstrofes naturals que afecten els éssers vius.

Les conseqüències que provoca al medi ambient tenen a veure amb la desaparició de certes espècies, la migració d'altres... Causant així una desestabilització de l'ecosistema.

També provoca desastres naturals i ecològics com per exemple, la descongelació dels pols, que provoca un increment del nivell del mar, generant així inundacions.

Tal com es pot observar en la gràfica següent, actualment el responsable més gran mundialment per la generació de gasos d'efecte d'hivernacle és el transport. Aquest sector emet el 27% dels gasos, seguit del sector que es dedica a la producció d'electricitat amb un 25%, la indústria amb un 24% , el comerç i residències amb un 13% i l'agricultura amb un 11%.

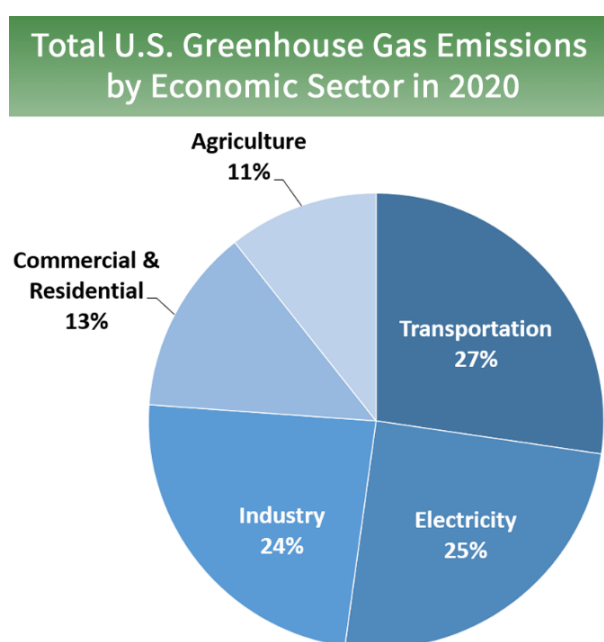


Figura 4.1. Gràfic que mostra la contribució en l'emissió de gasos d'efecte d'hivernacle de cada sector. (Font: Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2020.)

Dintre del sector del transport, el responsable més gran per l'emissió de CO₂ són els turismes destinats al transport de passatgers amb un 41%, seguits dels camions dedicats al transport de mercaderies 22% i, en tercer lloc, el transport marítim amb un 11%. En més detall es pot apreciar en la figura 4.2.

És per a aquest motiu que se li està donant aquesta importància en reduir les emissions provinents dels turismes. Aquests a escala global són els responsables per l'emissió de l'11% del total de gasos d'aquest tipus. Per tant, un canvi en aquest sector, implica un gran canvi globalment. ^[18]

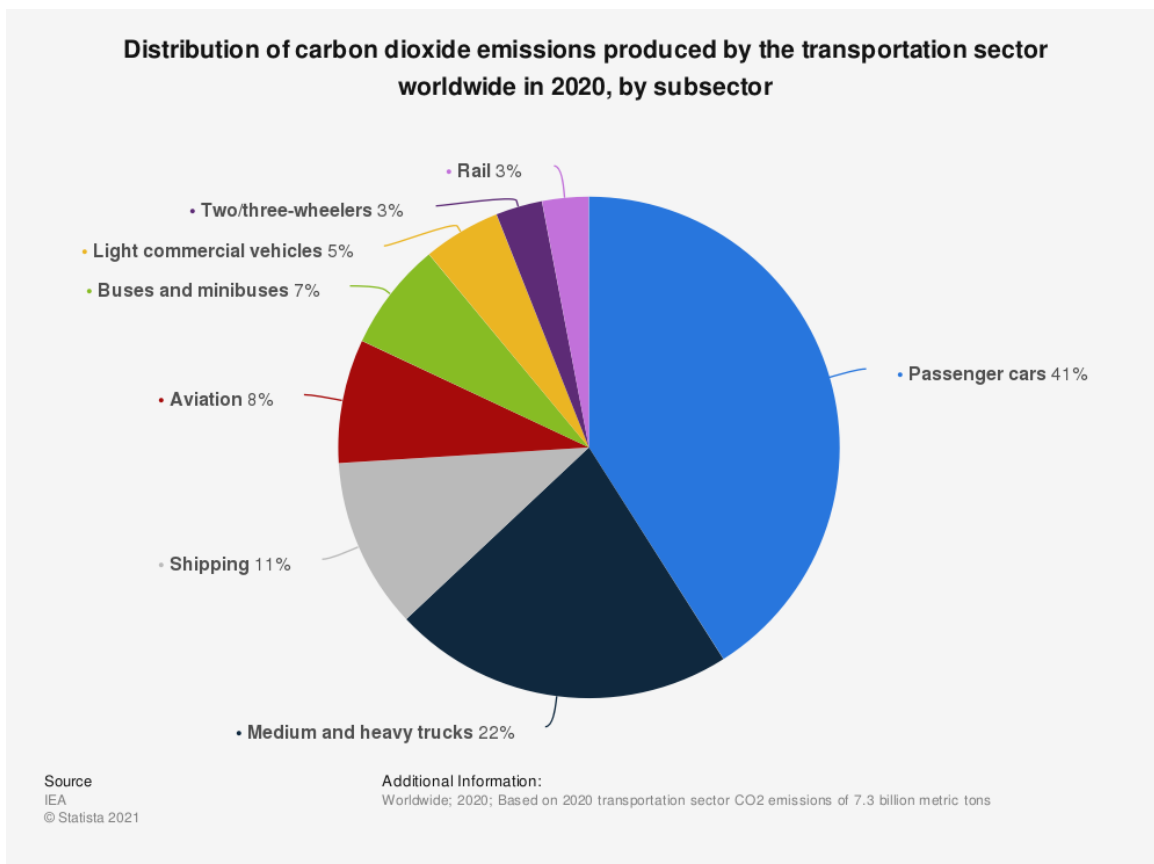


Figura 4.2. Gràfic que mostra la distribució de l'emissió de CO₂ Dintre del sector del transport. (Font: Statista)

En la figura 4.3 es mostra l'evolució de la concentració mitjana de diòxid de carboni en l'atmosfera durant els anys en parts per milió. El creixement més important ha sigut des de l'any 1959 fins a l'actualitat amb 100 ppm.

Tenint en compte que els nivells de diòxid de carboni abans de la revolució industrial eren al voltant de 300 ppm, el creixement que ha patit és considerable. Com es pot observar la tendència d'augmentar els valors mitjans de CO₂ en 25 ppm cada 15 anys aproximadament s'ha mantingut en els últims 50 anys. Això implica que si se segueix aquest ritme sense produir cap canvi l'any 2120, s'haurà duplicat els nivells de CO₂ en l'atmosfera respecte a l'època preindustrial.

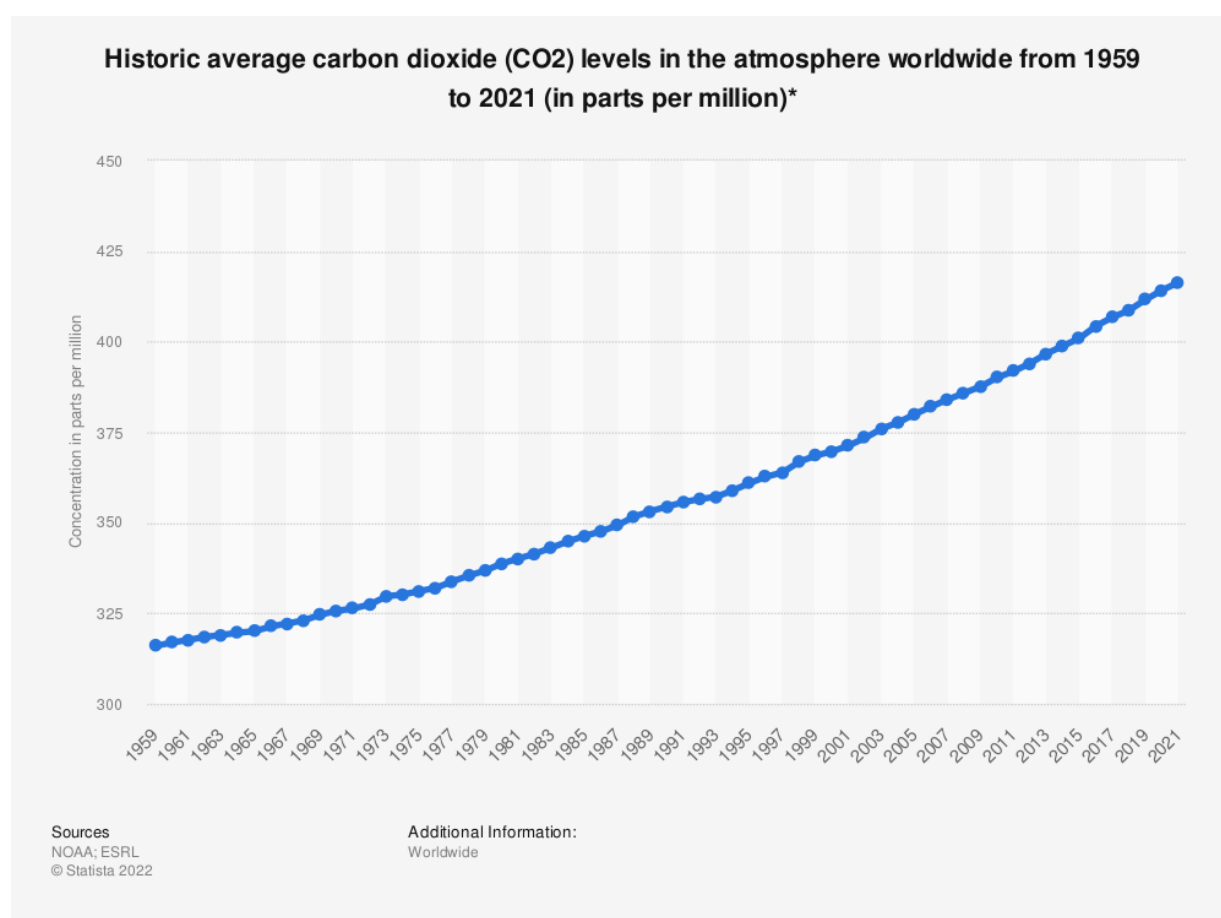


Figura 4.3. Gràfic que mostra el creixement global dels nivells de CO₂ en ppm. (Font: statista)

En la figura 4.4 es mostra l'evolució de les anomalies en la temperatura mitjana al llarg del temps. Es pot observar també que amb similitud a l'anterior gràfic el creixement més gran es produeix des del 1950 fins al dia d'avui, el creixement ha sigut d'un increment mitjà d'1,5 °C.

Amb similitud a l'anàlisi fet en l'anterior gràfic, si mantenim el creixement que ha patit la temperatura mitjana global durant els últims 40 anys, l'any 2120 la temperatura mitjana global haurà augmentat amb 5,25 °C. Estudis del comitè científic del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic, mostren que si la temperatura mitjana global passa d'1,5 °C a 2 °C provocaria l'extinció del 18% dels insectes, el 16% de les plantes i el 8% dels vertebrats. Augmentant així el risc d'incendis forestals, onades de calor, la propagació d'espècies invasores, augmenten les malalties transmeses pels mosquits i es redueix considerablement el rendiment de cultius.^[50]

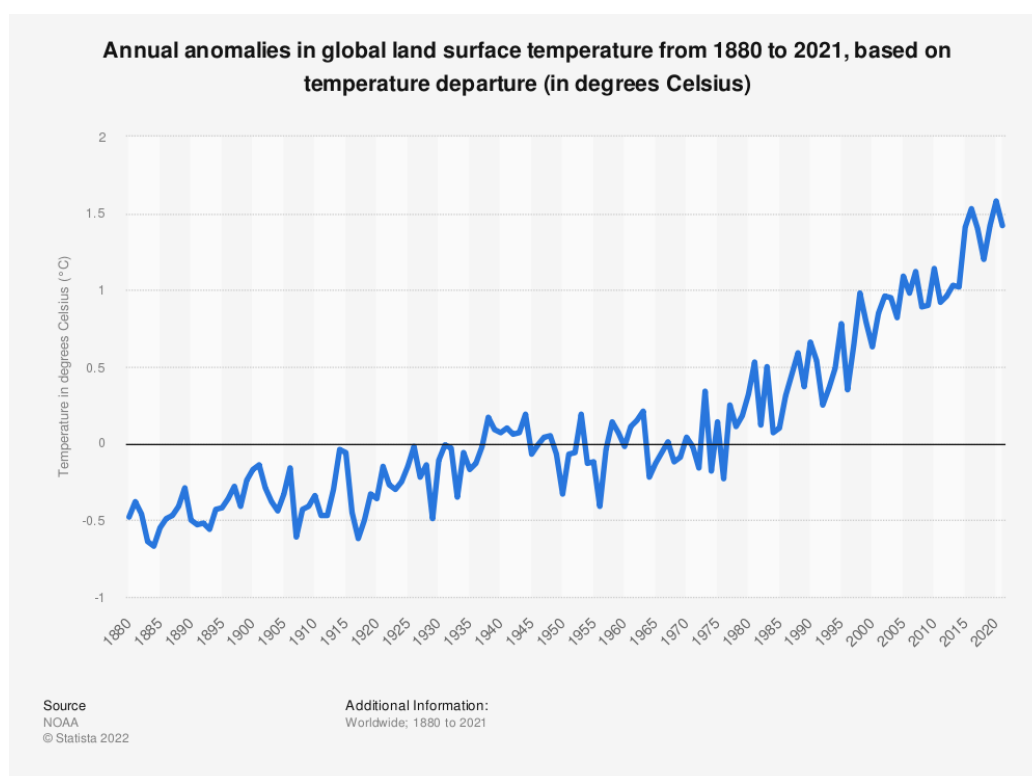


Figura 4.4. Gràfic de les anomalies en la temperatura terrestre mitjana en funció dels anys. (Font: statista)

5. Alternatives actuals als motors de combustió

L'alternativa als motors de combustió interna més viable avui en dia és el motor elèctric. Aquest canvi presenta dificultats per ser efectuat de seguida, per això els fabricants han desenvolupat sistemes híbrids de motor de combustió i motor elèctric. Dintre dels híbrids hi ha dos grans grups que són l'híbrid pur, és a dir que es carrega a partir de les frenades regeneratives i aporta petites ajudes com per exemple a l'hora d'arrencar (que és quan un vehicle de combustió més consumeix). Després estan els híbrids endollables que la bateria a part de recarregar-se a partir de les frenades regeneratives, es carrega a partir d'una font d'alimentació externa. Aquests posseeixen un motor més gran i ajuda en aportar rendiment extra, i permet conduir el vehicle de forma completament elèctrica.

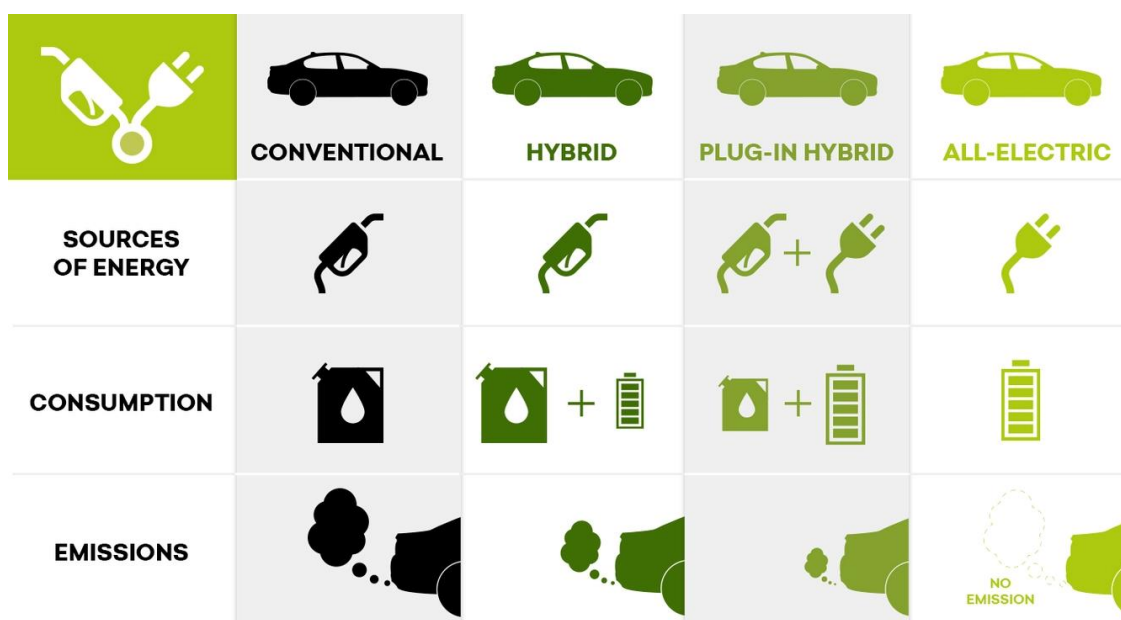


Figura 5.1. Esquema explicatiu dels diferents tipus d'accionaments (Font: Das welt auto)

5.1. Vehicle elèctric (BEV)

Els vehicles elèctrics per definició, són els que s'accionen únicament per un motor elèctric que obté l'energia directament de les bateries. Aquestes són carregades per una font d'alimentació externa, i a més a més aprofiten l'energia cinètica del vehicle quan frena per poder recarregar certa part de la bateria a través d'una dinamo.

5.2. Híbrids (HEV)

Actualment, els automòbils més utilitzats després dels de combustió són els híbrids abans que els totalment elèctrics. Com el seu propi nom indica, aquests compten amb dos motors. El seu motor principal és de combustió, ja que genera més potencia i el secundari és elèctric, ja que actua com a reforç i també amb la finalitat de reduir el consum i la contaminació. Aquests vehicles també compten amb una bateria però no exageradament gran, ja que l'espai s'ha de compartir amb el del dipòsit. La forma de recarregar aquesta bateria per l'accionament del motor elèctric no es fa mitjançant una font de connexió externa sinó, per l'acumulació de l'energia del motor de combustió i la generada en el moment de frenada. Gràcies a aquesta combinació s'aconsegueix un estalvi de consum d'entre un 25 i un 40%, quantitat que a mesura que es recorren quilòmetres acaba tenint una gran repercussió.

- **En sèrie:**

En un vehicle completament híbrid en sèrie, el motor elèctric és l'únic que mou el cotxe i el de combustió serveix únicament per recarregar les bateries. D'aquesta manera compta amb un motor de combustió més petit el qual treballa en el punt òptim de funcionament per poder complir de forma eficient la funció de generador.

Aquest tipus de motorització és poc comuna, però s'ha fet servir sobretot en àrees on la funció principal del vehicle és arrancar i frenar constantment. Situació en la qual el motor de combustió és molt menys eficient.

Un exemple que s'ha arribat a veure circulant és el "BMW i3 with range extender". Aquest posseïa un motor de combustió auxiliar al motor elèctric, amb un volum de 600 centímetres cúbics bicilíndric que produïa 38 cv. També estava equipat amb un dipòsit de 9 litres. D'aquesta manera per cada dipòsit de combustible el cotxe podia recórrer addicionalment entre 60 i 120 km en funció del mode de conducció. Aquesta variant del turisme es va treure ràpidament del mercat per la seva baixa funcionalitat. ^[9]

- **En paral·lel:**

Per definició en un híbrid en paral·lel, el motor de combustió i el motor elèctric estan connectats en paral·lel. És a dir, que el turisme pot ser accionat per cada un dels motors independentment o bé en combinació dels dos per poder aportar més potència. Entre els híbrids en paral·lel en podem distingir 4 tipus:

Micro-hybrid: Aquests es defineixen per tenir el sistema start-stop, que permet que el cotxe s'apagui en el moment que està totalment parat i s'encengui automàticament en el moment d'iniciar la marxa. La bateria és recarregada a partir de la frenada d'aquest.

Mild-hybrid: El cotxe és accionat normalment per un motor de combustió i el motor elèctric té la funció de donar suport al motor convencional en el moment d'arrancar o accelerar. Tendeix a ser acompanyat d'una bateria amb una capacitat de corrent major per poder aprofitar la frenada regenerativa per recarregar la bateria.

Full-hybrid: El cotxe és accelerat pels dos motors o bé amb cada un independentment. Permet escollir amb quin dels motors es vol accionar el turisme. La bateria no es pot carregar de forma externa. La recarrega el cotxe automàticament a partir de la frenada regenerativa.

Plug-in-Hybrid: Per definició és molt similar al Full-hybrid, amb la diferència que la capacitat de la bateria és més gran i aquesta pot ser carregada a partir d'una font externa d'alimentació. D'aquesta forma aquest tipus permet conduir més quilòmetres de forma totalment elèctrica i així reduir significativament el consum i a conseqüència les emissions.

5.3. FCEV

FCEV ve de l'anglès i significa Fuel cell elèctric vehicle. Traduït és vehicle elèctric accionat per pila de combustible. En aquest cas el cotxe és accionat únicament pel motor elèctric però on es diferencia és en la forma d'obtenir l'energia elèctrica. Aquesta es produeix a partir de la reacció química de barrejar hidrogen amb oxigen, en la qual s'allibera energia en forma d'electricitat i el residu que s'emet és aigua. L'inconvenient és que comporta una gran complexitat a escala de disseny i tecnologia.

Un dels problemes més grans dels motors convencionals és l'eficiència. Aquesta està entre un 20 i un 30%, en canvi, en un FCEV, ascendeix fins al 60%.

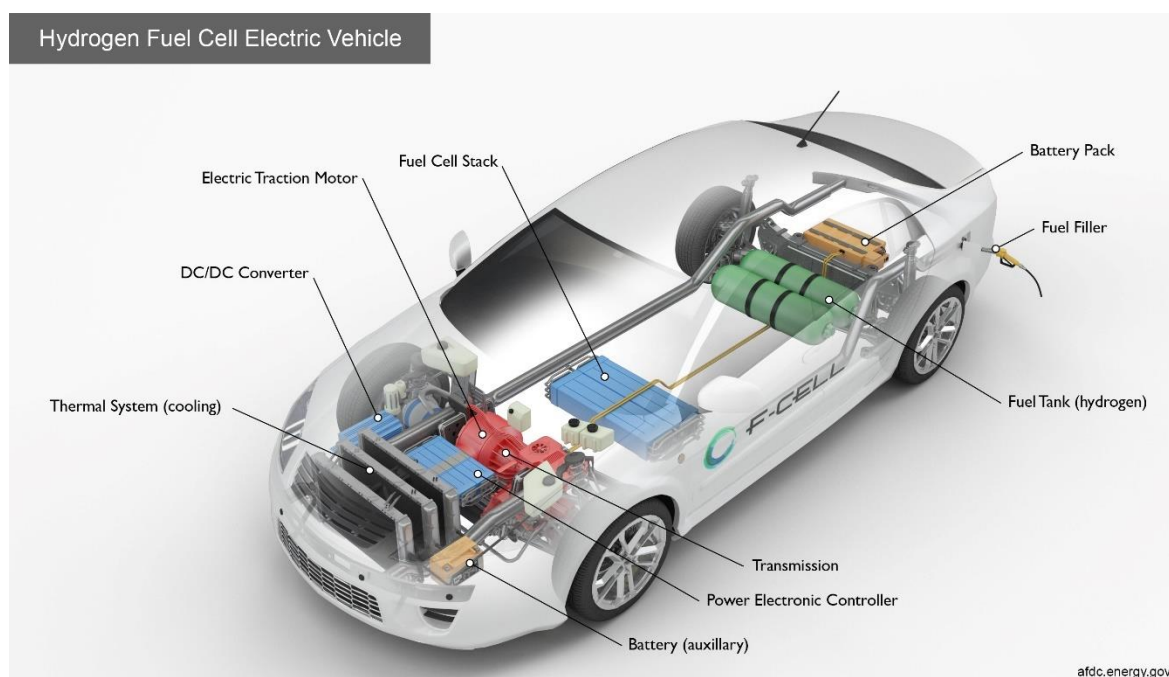


Figura 5.2. Funcionament d'un vehicle amb pila d'hidrogen. (Font: Alternative fuels data center)

6. Combustibles alternatius

E-fuel (abreviatura de l'anglès electrofuel, electric fuel) fa referència als combustibles sintètics que es produeixen a partir de la combinació d'aigua i diòxid de carboni (CO₂) amb electricitat. Aquest procés s'anomena power-to-fuel. La combustió dels combustibles electrònics produeix bàsicament tants gasos d'escapament nocius per al medi ambient com els combustibles normals. No obstant això, si l'electricitat per generar els combustibles electrònics s'alimenta completament de fonts renovables i el CO₂ necessari s'agafa de l'atmosfera o de la biomassa o els gasos d'escapament industrials, els motors de combustió poden funcionar de manera climàticament neutra mitjançant combustibles electrònics.

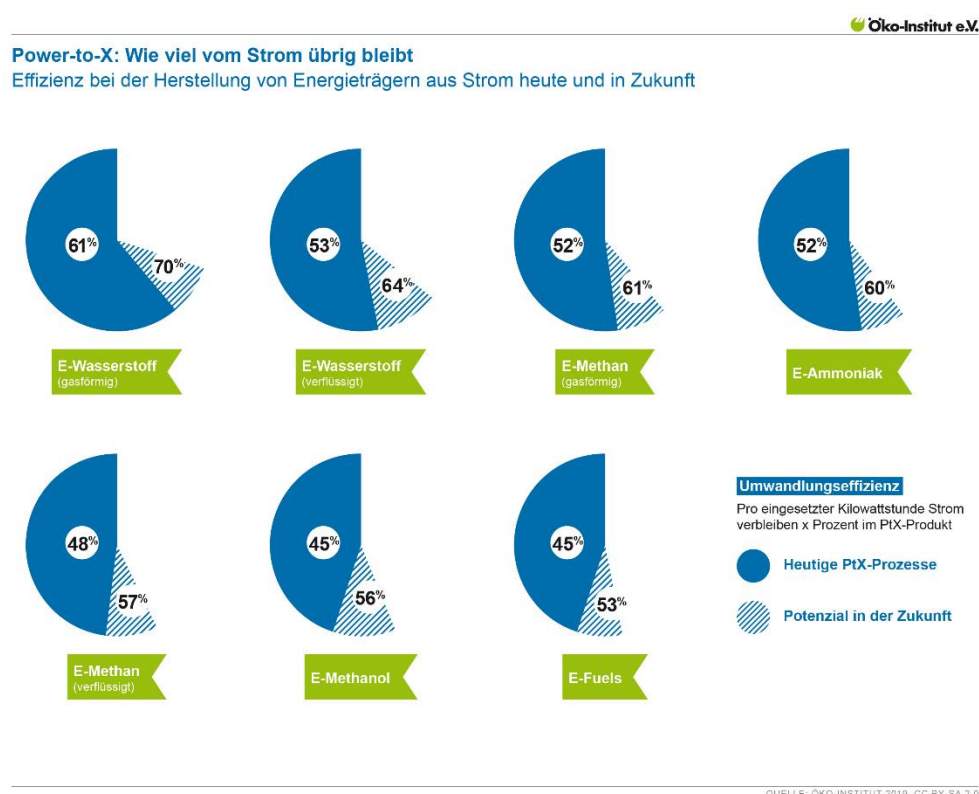


Figura 6.1. Esquema explicatiu de l'eficiència dels e-combustibles (Font: Öko-institut)

Els combustibles alternatius requereixen canvis més o menys significatius en els vehicles. Aquests es podrien classificar en tres grups en funció dels combustibles que admet.

Vehicle dedicat: aquest només admet un tipus de combustible alternatiu, i està dissenyat, desenvolupat i optimitzat per a aquest concretament. Normalment, aquests posseeixen un altre tipus de dipòsit, ja que el combustible que fan servir no es pot emmagatzemar en els dipòsits convencionals. Alguns exemples són el gas comprimit o combustibles líquuats.

Vehicle de combustible flexible: aquest permet l'ús de diversos combustibles diferents del mateix estat (líquid o gasos) compartint el mateix dipòsit. Algun exemple són els cotxes de gasolina que també poden operar amb E10 que és gasolina que conté un 10% d'etanol.

Vehicle de combustible múltiple: Aquests poden admetre 2 o més tipus de combustibles, de diferents estats, ja que poden tenir més d'un dipòsit.

6.1. Combustibles per motors d'encesa per guspira

6.1.1. Combustibles amb cert percentatge d'alcohol (Etanol, Butanol, Metanol):

Etanol:

Aquesta és la solució alcohòlica més comuna que s'utilitza en combinació amb la gasolina. En la barreja de gasolina i etanol hi ha dos variables que defineixen el combustible final. El percentatge respectiu de cada un en la solució i si l'etanol és hidratat o anhidre. El més comú és l' E10 aquest conté un 10% d'etanol i 90% de gasolina. El màxim percentatge d'etanol possible és de 75%. La limitació del percentatge possible de la barreja és la pressió del vapor, ja que és un punt crític per l'arrancada en fred. Pressions per sota de 45 kPa generen problemes per arrencar en fred. Una altra raó la qual impedeix augmentar el percentatge és la interacció que té l'etanol amb metalls, plàstics i elastòmers que estan en el circuit. L' E10 és actualment compatible amb la majoria de cotxes de gasolina de menys de vint anys d'antiguitat.

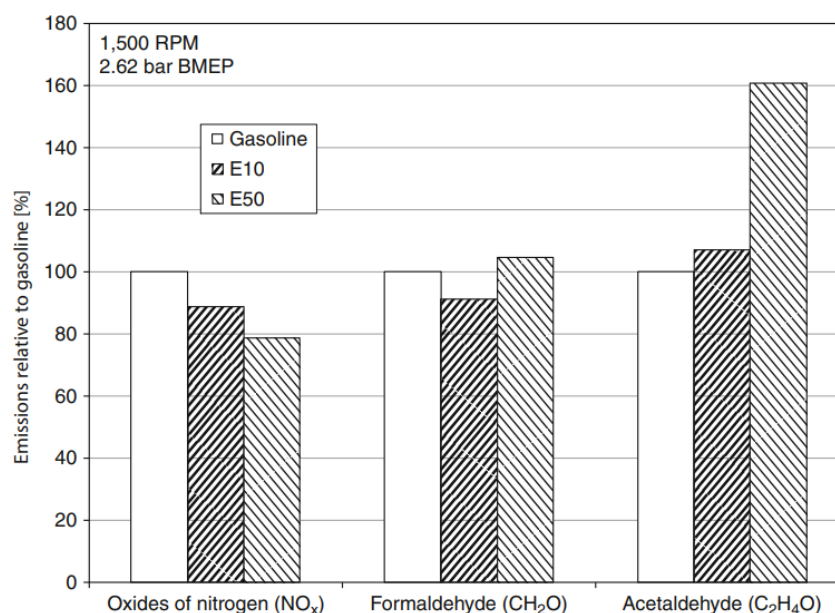


Figura 6.2. Influència del contingut d'etanol en l'emissió d'òxids de nitrogen i altres tòxics. (Font: Encyclopedia of Sustainability Science and technology series)

En aquest gràfic es mostra la comparació entre la gasolina E10 (10 % d'etanol) i la E50 (50% d'etanol). L'únic que presenta una certa millora respecte a la gasolina pura és l'E10.

Metanol:

Pel metanol s'utilitza gas natural com a matèria primera. A partir del metanol es pot crear MTBE, que és un potenciador de la gasolina a causa d'un augment dels octans. El seu ús no va prosperar encara que presentava millores de rendiment, eficiència i reducció d'emissions. El motiu principal va ser la seva alta toxicitat i que genera flames invisibles que poden afectar a la seguretat.

Butanol:

El butanol és un combustible amb un gran potencial per ser una alternativa als combustibles convencionals. En comparació amb l'etanol, presenta un contingut volumètric d'energia més alt, menys afinitat cap a l'aigua i també posseeix un menor contingut d'oxigen. Una barreja de 16% de butanol presenta la mateix contingut d'oxigen que una barreja amb 10% d'etanol. Però actualment el butanol està més estès a les indústries que no pas en el transport.

6.1.2. Combustibles líquats (LPG, LNG)

LPG

LPG significa "Liquified Petroleum Gas", que traduït és gas de petroli líquat. A causa de la baixa temperatura d'ebullició dels gasos, s'han de prendre certes mesures per evitar aquest fet en el LPG. Normalment, s'emmagatzema a 10 bars en recipients metàl·lics. Amb el nou desenvolupament de motoritzacions que funcionen amb aquest combustible presenten una millora de rendiment d'un 10% respecte a la gasolina. També existeixen actualment cotxes que combinen els dos combustibles, ja que presenten una millora d'aproximadament el 12% pel que fa a les emissions de CO₂ i una reducció d'entre el 30 i 50% de CO, HC, i NOx.

LNG

LNG significa "Liquified Natural Gas", que traduït és gas natural líquat. Aquest s'ha d'emmagatzemar en dipòsits amb un alt nivell d'aïllament, ja que la pressió és d'entre 5 i 15 bars. Aquest s'emmagatzema de forma líquida i s'evapora just abans de fer-se servir. Dintre d'aquest es pot diferenciar si s'evapora de forma forçada (llavors presenta un poder calorífic de 38 – 39 MJ/m³) o s'evapora de forma natural (aleshores presenta un poder calorífic de 33 – 35 MJ/m³).

6.1.3. Combustibles gasosos (CNG, H)

CNG

CNG significa "Compressed Natural Gas", que traduït és gas natural comprimit. Aquests són més utilitzats en el passat i necessitaven emmagatzemar-se en un cilindre que pogués aportar una pressió d'entre 200 i 270 bars. Això aportava un pes d'uns 50 kg extra al cotxe. Un inconvenient és que un dipòsit de CNG a 200 bars per obtenir una autonomia similar a la d'un cotxe de gasolina necessita 4 cops el volum del dipòsit de gasolina.

H

L'hidrogen també és una alternativa com a combustible i el seu emmagatzematge és similar al del gas natural. Al ser altament explosiu, en funció de la seva concentració, dificulta molt el seu emmagatzematge i el seu ús. Les propietats de l'hidrogen el fan molt adequat per a motors de combustió interna accionats per guspira. Té una gran eficiència i millor rendiment. La dificultat es presenta quant a injecció, transport i emmagatzematge dins del vehicle.

6.2. Combustibles per a motors de compressió

Biodièsel

El biodièsel és l'alternativa al dièsel més estesa mundialment. Les propietats d'aquest poden variar en funció de les matèries primeres i les tècniques de processament. El biodièsel és produït a partir de grassa o oli fent-los reaccionar amb alcohols com el metanol o etanol en presència d'un catalitzador com el sodi o hidròxid de potassi. En funció de l'alcohol utilitzat, el biodièsel pot tenir dos noms: (FAME) si l'alcohol utilitzat és metanol o (FAEE) si l'alcohol emprat és etanol. Normalment, el biodièsel es fa servir sempre en petit percentatge amb el dièsel normal. En la següent gràfica es veu la reducció d'emissions de PM, CO i HC, però també un increment de NOx.

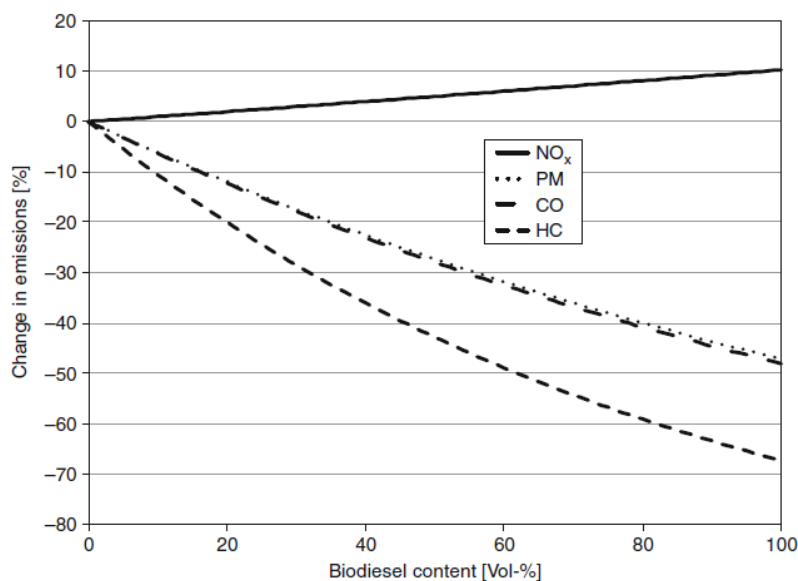


Figura 6.3. Impacte en les emissions en funció del percentatge de biodièsel. (Font: Encyclopedia of Sustainability Science and Technology Series)

Dièsel verd

El dièsel verd fa referència a un combustible similar al dièsel que prové de matèries primeres renovables utilitzant un procés de destil·lació dels combustibles provinents del petroli. En ser emprats mètodes convencionals de destil·lació en la producció d'aquest combustible, les seves propietats són similars a les del dièsel provinent del petroli i es pot combinar bé en barreges amb combustibles convencionals. El dièsel verd (NExBTL) produeix 18% menys NO_x i un 30% menys PM comparat amb el dièsel estàndard. Per poder optimitzar el rendiment i minimitzar l'emissió de contaminants necessita que el sistema d'injecció estigui calibrat i equipat amb els sensors necessaris perquè pugui el motor treballar en règim òptim.

Dièsel Sintètic

El dièsel sintètic es caracteritza per un alt número de cetà, per un baix punt d'abocament, baix contingut de sulfur i una densitat energètica elevada. Aquestes característiques fan que la qualitat d'aquesta sigui molt elevada i permeti barrejar-se amb el dièsel a qualsevol proporció. Després de diversos estudis i assajos elaborats amb aquest tipus de carburant, les conclusions que es van obtenir van ser que com més alt el número de cetà i baix contingut aromàtic més baixes resultaven ser les emissions. L'alt número de cetà redueix el retard d'encès directament vinculat a una reducció en emissió de NO_x. Gràcies a això, aporta més temps per oxidar les partícules de sutge i així es redueix l'emissió de partícules contaminants. I la reducció del contingut aromàtic, redueix també la formació

de sutge. Un sistema que ajuda de forma similar és la vàlvula EGR, per reciclar els gasos emesos i tornar-los a combustionar.

Èter dimetil (DME)

El DME és caracteritza per tenir un alt número de cetà (>55) i baixes emissions. Mostra una reducció de PM, NOx, i THC en comparació amb el dièsel provinent del petroli, així com una reducció del soroll del motor és dir, una disminució de la contaminació acústica. Aquesta disminució d'emissions es deu a l'absència d'enllaços de carboni amb carboni. Aquesta alternativa permet la disminució de NOx sense la necessitat d'augmentar l'emissió de PM. Per l'altra banda aquest té baixa lubricació i nivells de compressibilitat més baixos que el dièsel convencional, per això necessita modificacions de cara a la seva distribució i emmagatzematge. Per obtenir una autonomia similar amb el dièsel el dipòsit s'hauria de duplicar.

El DME pot ser aconseguit a partir del gas natural, carbó, residus oliosos i biomassa. És l'alternativa més viable quant a reducció d'emissions, rendiment i obtenció.

Mescles de dièsel amb alcohol

Amb la finalitat de reduir les emissions s'han fet proves i assajos per elaborar barreges amb alcohols. Per dur a terme aquesta barreja hi ha una sèrie de factors que s'han de tenir en compte per a poder ser utilitzat com a combustible, com l'estabilitat de la barreja, la viscositat i la lubricació, la compatibilitat dels components, el contingut d'energia, el número de cetà, la seguretat i la biodegradabilitat.

El dièsel en tenir una temperatura d'inflamació a partir de 64 °C està classificat com a classe II, però els combustibles com la gasolina que tenen el punt d'inflamació notablement més baix, per sota de 38 °C estan classificats com a classe I. En ser líquids potencialment inflamables tenen més exigències a l'hora d'emmagatzemar-lo. Com augmentar la distància dels dipòsits de llocs habitables. Totes les barreges que s'han provat amb dièsel de 10, 15, 20% amb alcohol, s'ha vist que les característiques pel que fa a la perillositat d'inflamació són molt similars a les de l'alcohol pur. Per tant, necessiten els mateixos requeriments per emmagatzemar-lo com la gasolina.

També suposa un augment de consum, ja que etanol té una energia específica notablement més baixa que el dièsel. Això si l'eficiència del motor roman constant, i s'ha vist un impacte positiu en la reducció de PM. També amb l'augment del percentatge d'alcohol en la barreja s'ha vist que l'emissió de sutge, Nox i CO s'ha reduït però s'ha presentat un augment en l'emissió d'hidrocarburs.

7. Compensació de les emissions

El sector de l'automoció està apuntant clarament cap a un futur completament elèctric. Actualment, fabricar un cotxe elèctric contamina un 70% més aproximadament que fabricar un cotxe de combustió interna. Això és degut principalment a les bateries. La fabricació de bateries és altament costosa i contaminant, partint des de l'obtenció de la matèria primera, el transport d'aquesta i finalment la fabricació de la bateria i el transport de la bateria un cop acabada.

És cert que un cotxe elèctric no contamina de forma directa, és a dir, per ell mateix. Però si de forma indirecta, contamina les emissions que s'emeten al produir cada kWh necessari per carregar la bateria. De forma lògica com més fonts d'energia renovable té un país, menys contaminarà el cotxe elèctric que hi circuli. Per poder fer un estudi amb la finalitat de calcular a partir de quan un cotxe elèctric comença a ser més net, pel que fa a les emissions, he fet servir el software online que proporciona l'agència de transport i medi ambient.^[41]

En aquest software, principalment permet escollir l'any de fabricació del cotxe que es vol analitzar que és entre el 2020 i 2030. Després permet escollir el tipus de cotxe que es vol comparar: (petit, mitja, gran, molt gran, cotxe de llarg quilometratge). I finalment permet definir el combustible que fa servir: dièsel, gasolina o elèctric.

Seguidament, et permet comparar-lo amb el d'un cotxe elèctric. En aquesta secció s'ha d'escollir on ha sigut fabricada la bateria elèctrica del vehicle. Et permet escollir entre: Europa mitja, Europa neta, Europa rica en fòssil. I finalment en quin país serà conduït el cotxe elèctric, ja que en funció del país i les seves fonts d'energia, varien les emissions que emet per cada kWh produït.

A partir d'aquí surten dues gràfiques de comparació. La primera mostra una gràfica on en l'eix de les X estan els quilometres recorreguts, i en l'eix de les Y estan les tones de CO₂ emeses. Així, el programa compara les dues rectes i troba el punt on es creuen és a dir, quan el cotxe elèctric comença a ser menys contaminant

En la segona gràfica, en forma de dues barres compara de nou els dos vehicles i es veu en tot el cicle de vida del cotxe quant ha contaminat en total cada un, incloent-hi la producció del cotxe i la seva bateria i el que ha consumit per transcórrer els quilometres que ha fet durant la seva vida útil.

Per poder fer un estudi sobre la compensació de les emissions, he utilitzat el software explicat anteriorment.

7.1. Escenari 1

L'escenari el situem en el 2020, és a dir l'actualitat.

En el primer cas comparem un cotxe del segment petit (Renault Clio o similar) amb un cotxe elèctric equivalent. S'ha escollit com a combustible de propulsió gasolina, ja que es el combustible més comú entre els vehicles d'aquest segment. Aquest emet 229 g de CO₂ per km de mitjana.

La bateria del cotxe elèctric està fabricada a Europa i el país on serà conduït és Espanya. Segons les fonts d'obtenció d'energia que hi ha avui en dia al país, un cotxe elèctric emet 80 g de CO₂ per km.

Seguidament es mostren les gràfiques.

Gràfica tones de CO₂ vs. km recorreguts:

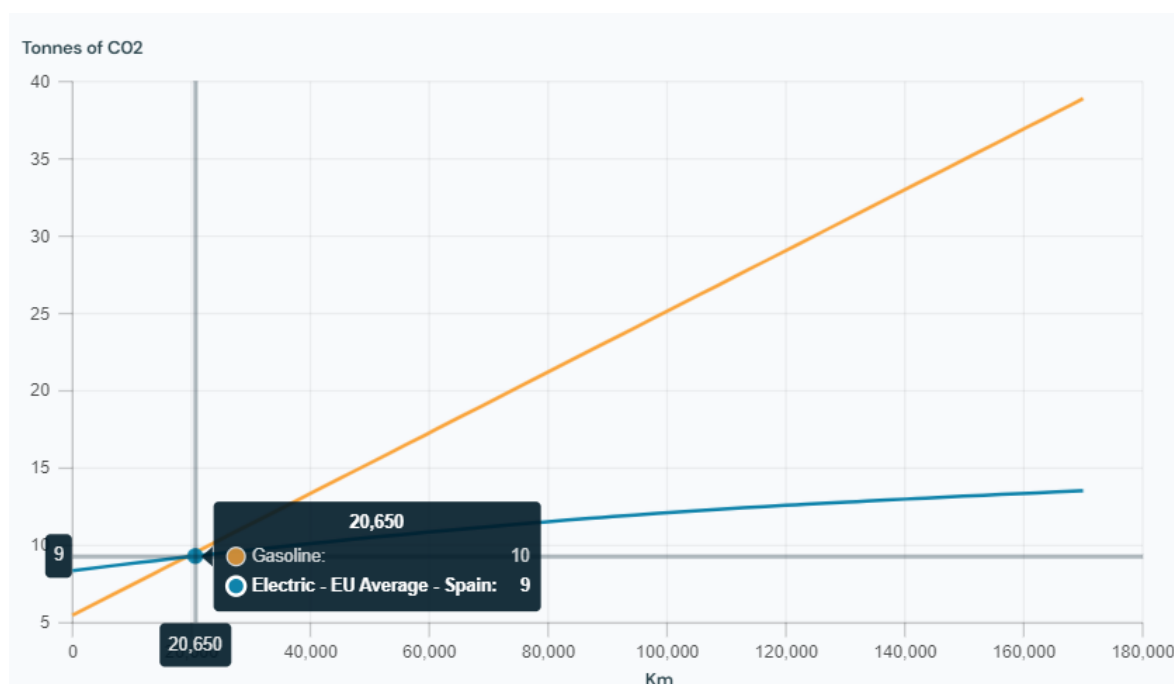


Figura 7.1. Comparació del total de tones de CO₂ emeses en funció dels quilòmetres recorreguts. (Font: transportenvironment.)

Aquí es pot llegir que es necessari recórrer al voltant de 21.000 km per igualar les emissions dels dos models. És a dir, a partir d'aquests quilòmetres el cotxe elèctric comença a ser més eficient.

Total de tones consumides durant la vida útil:

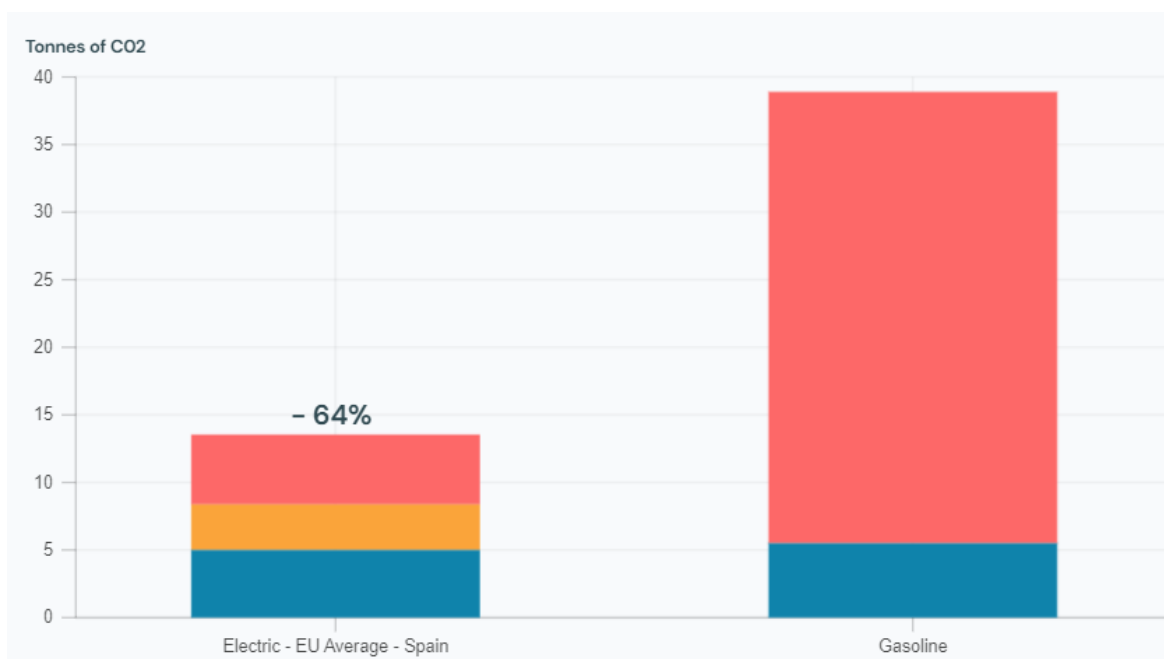


Figura 7.2. Comparació del total de tones de CO₂ durant la vida útil dels vehicles. (Font: transportenvironment)

En la figura 7.2 es mostra el total de tones de CO₂ que hauran emès els dos vehicles al final de la seva vida útil. Aquesta és d'aproximadament 170.000 km. Es veu clarament que al final de la vida útil el cotxe elèctric ha acabat emetent un 64% per cent menys de CO₂.

7.2. Escenari 2

Repetim l'experiment per l'any 2030.

El software calcula que a Espanya l'any 2030, un cotxe elèctric emetrà només 47 g de CO₂ per km. I de la mateixa forma un de gasolina del segment emetrà 214 g.

Donades aquestes circumstàncies s'observen de nou les gràfiques.

Gràfica tones de CO₂ vs. km recorreguts:

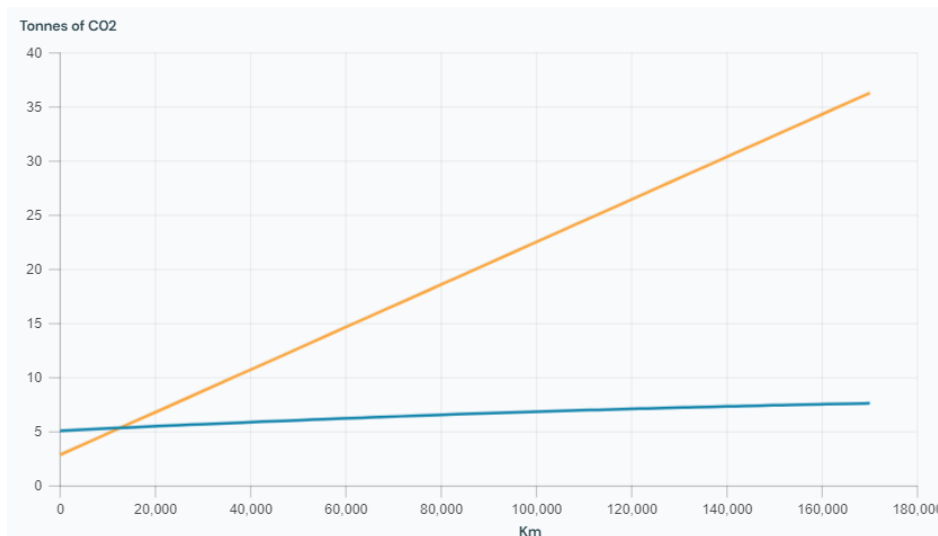


Figura 7.3. Comparació del total de tones de CO₂ emeses en funció dels quilòmetres recorreguts. Font: transportenvironment.

S'observa que els quilòmetres necessaris per compensar les emissions, baixen a aproximadament 14.000 km.

On si s'afirma un canvi és en la següent gràfica on es mostra el total de diòxid de carboni emès al llarg de la totalitat de la vida útil dels dos vehicles.

Total de tones consumides durant la vida útil:

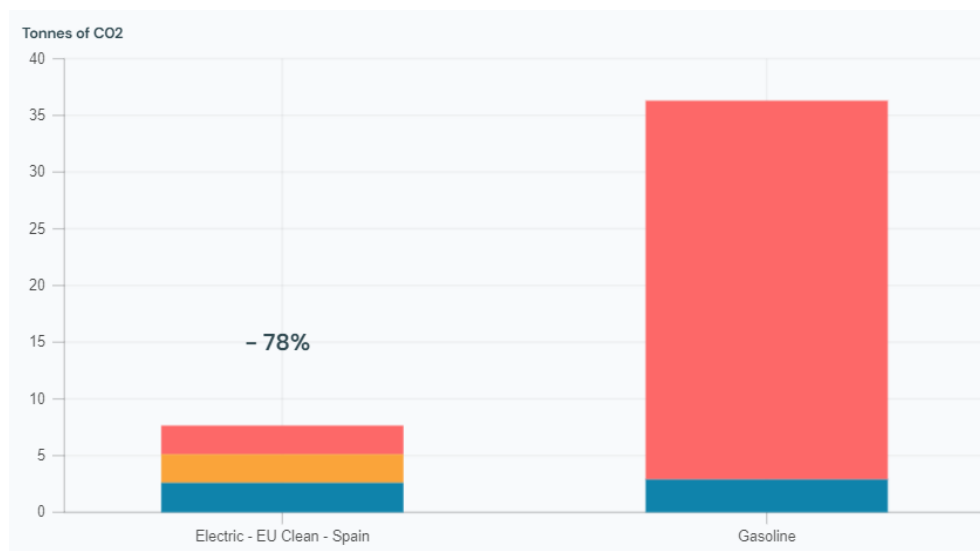


Figura 7.4. Comparació del total de tones de CO₂ durant la vida útil dels vehicles. (Font: transportenvironment.)

El cotxe elèctric ha passat de ser un 67% per cent més eficient a un 78%. Això traduït a tones equival a 6 tones menys de diòxid de carboni.

7.3. Escenari 3

Ara repetim l'estudi per un cotxe d'un segment més gran:

- Any: 2020

Cotxe a comparar: cotxe mitjà (Volkswagen golf)

Combustible: gasolina

Emissions de CO₂ per km: 253 g

On és fabricada la bateria elèctrica: Europa

País on és conduït el cotxe elèctric: Espanya

Emissions per km: 80 g

Gràfica tones de CO₂ vs. km recorreguts:

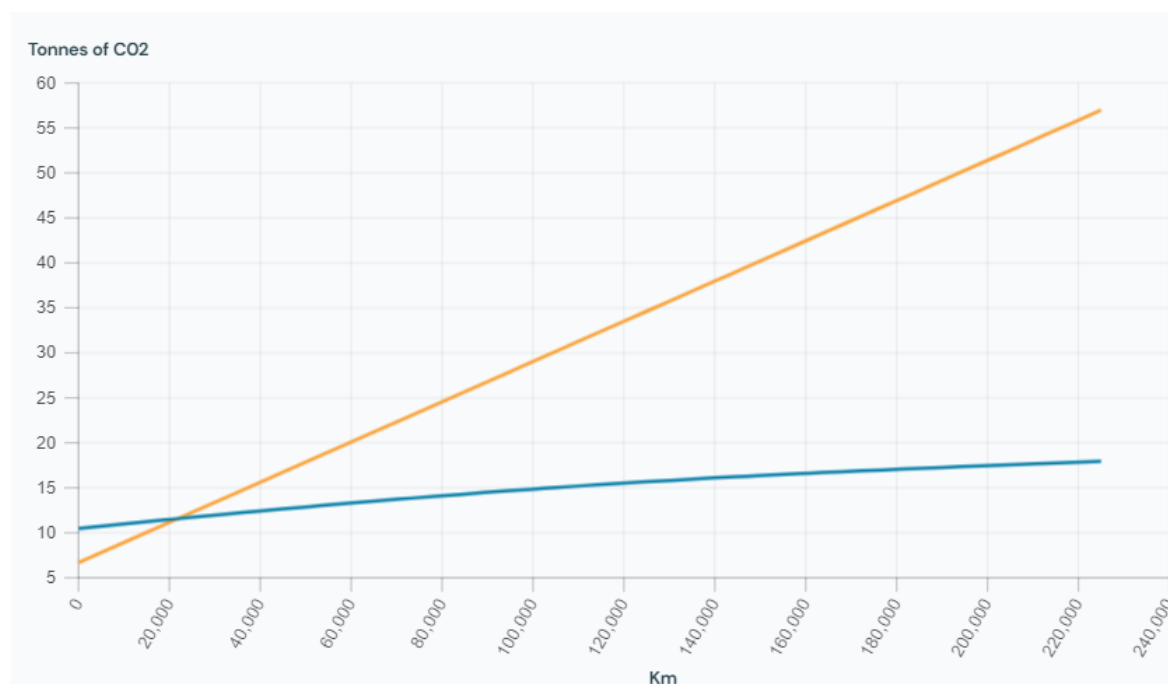


Figura 7.5. Comparació del total de tones de CO₂ emeses en funció dels quilòmetres recorreguts. (Font: transportenvironment)

Punt d'encreuament: 22.000 km

Vida útil: 225.000 km

Total de tones consumides durant la vida útil:

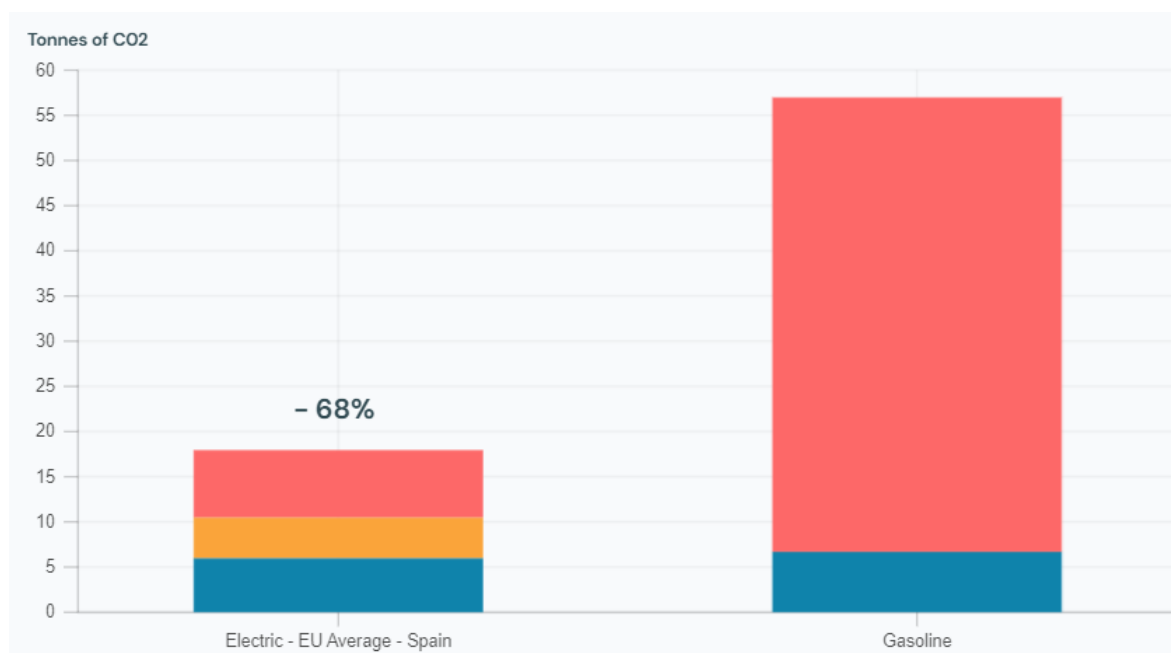


Figura 7.6. Comparació del total de tones de CO₂ durant la vida útil dels vehicles. (Font: transportenvironment.)

Eficiència respecte vehicle de gasolina: 68% més.

7.4. Escenari 4

Any: 2030

Emissions de CO₂ per Km (vehicle de combustió): 239g

Emissions de CO₂ per Km: 47g

Gràfica tones de CO₂ vs. km recorreguts:

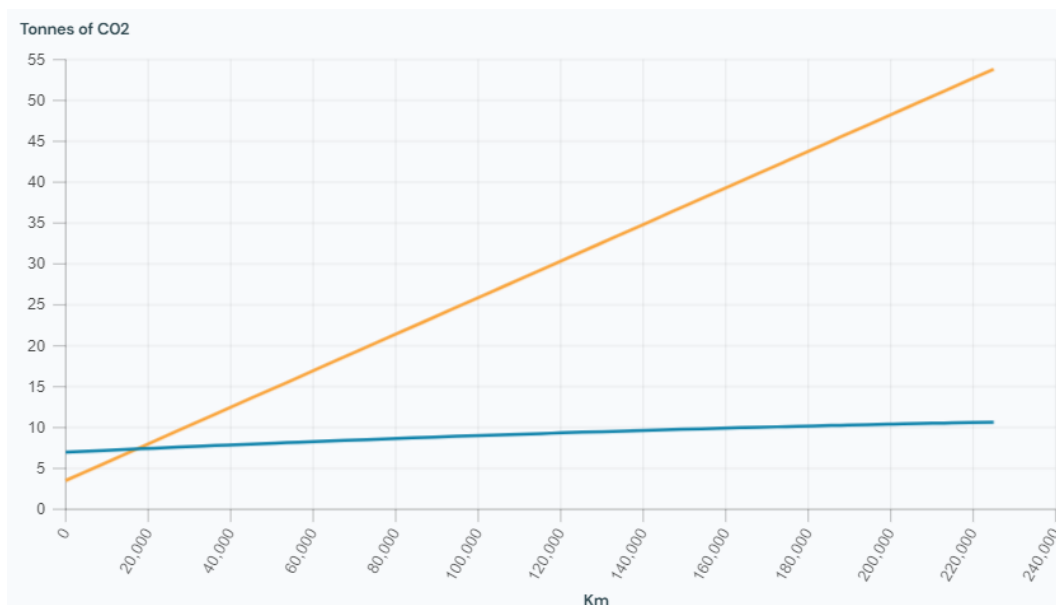


Figura 7.7. Comparació del total de tones de CO₂ emeses en funció dels quilòmetres recorreguts. (Font: transportenvironment)

Punt de encreuament: 19.000 km

Total de tones consumides durant la vida útil:

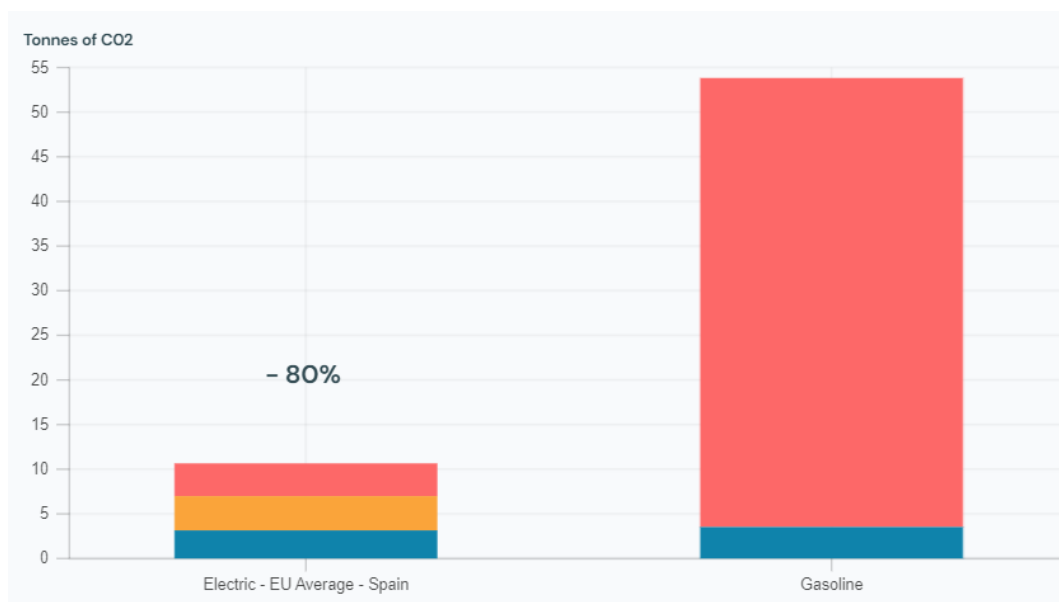


Figura 7.8. Comparació del total de tones de CO₂ durant la vida útil dels vehicles. (Font: transportenvironment)

Eficiència respecte al vehicle de gasolina: 80% mes.

Estalvi de CO₂ emès respecte al 2020: 7 tones.

Aquesta comparativa ha sigut realitzada a escala nacional.

7.5. Escenari 5

Seguidament, es comparà el país amb més fonts d'energia renovable d'Europa que és Suècia, amb el que menys en té, que és Polònia.

Per a la comparativa s'ha agafat com a model el cotxe mitjà tipus Volkswagen golf, ja que és el segment més venut actualment.

Les condicions són similars a les anteriors. Únicament es canvia el país on serà conduït el cotxe elèctric.

L'any en el qual es fa la comparativa és 2020.

Suècia:

Emissions de CO₂ per Km: 51g

Gràfica tones de CO₂ vs. km recorreguts:

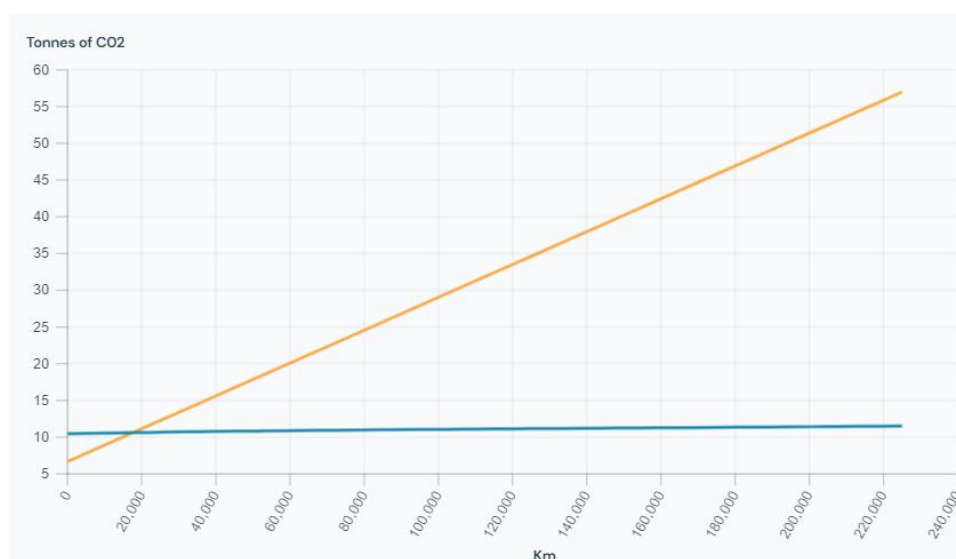


Figura 7.9. Comparació del total de tones de CO₂ emeses en funció dels quilòmetres recorreguts. (Font: transportenvironment)

Punt de encreuament: 19.000 km

Total de tones consumides durant la vida útil:

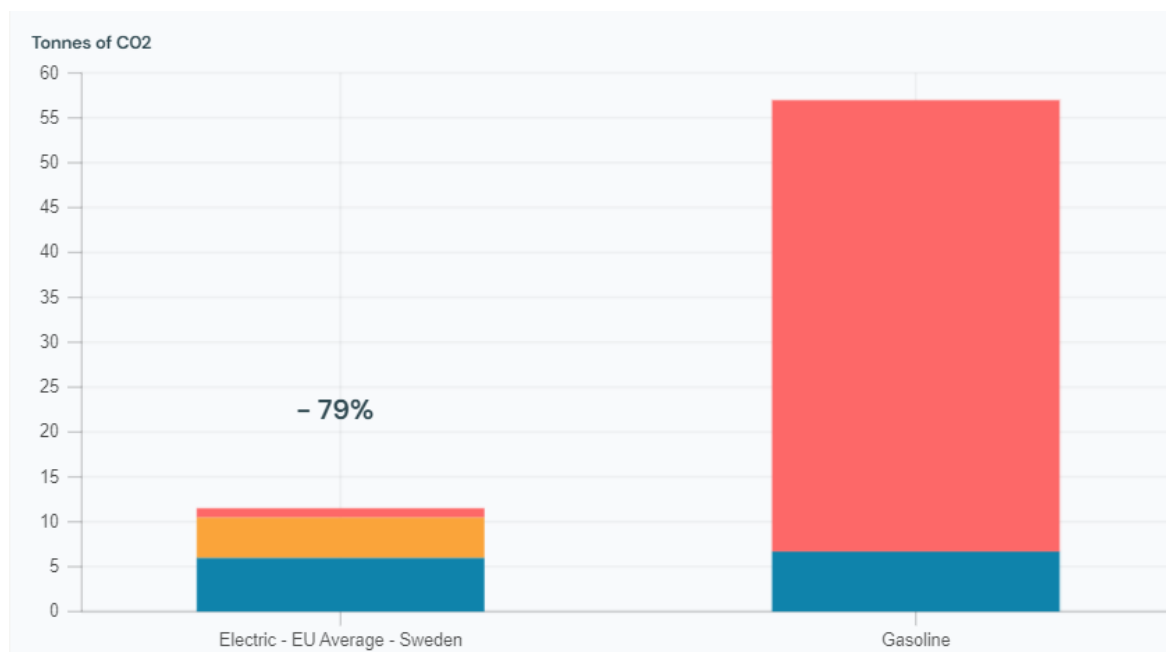


Figura 7.10. Comparació del total de tones de CO₂ durant la vida útil dels vehicles. (Font: transportenvironment)

Eficiència respecte vehicle de gasolina: 79% mes.

7.6. Escenari 6

Polònia:

Emissions de CO₂ per Km: 174g

Gràfica tones de CO₂ vs. km recorreguts:

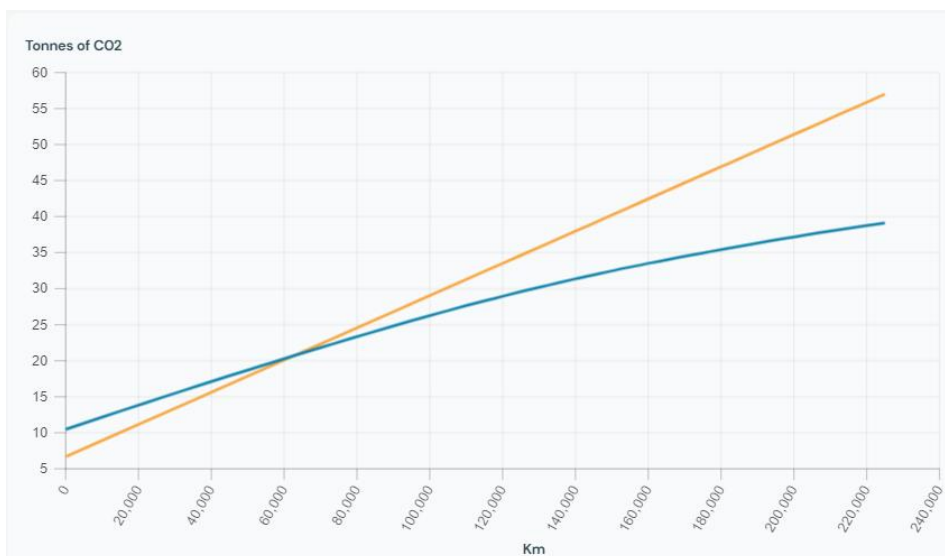


Figura 7.11.

Comparació del total de tones de CO₂ emeses en funció dels quilòmetres recorreguts. (Font: transportenvironment)

Punt d'encreuament: 65.000 km

Total de tones consumides durant la vida útil:

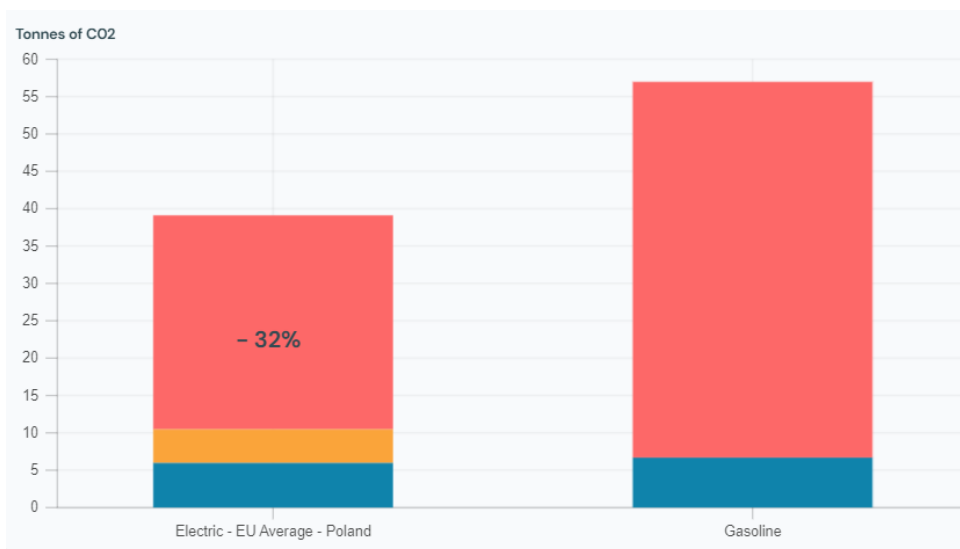


Figura 7.12. Comparació del total de tones de CO₂ durant la vida útil dels vehicles. (Font: transportenvironment)

Eficiència respecte al vehicle de gasolina: 32% mes.

7.7. Resultats

Comparativa entre Suècia, Espanya i Polònia l'any 2020.

La comparativa es elaborada comparant el cotxe mitjà mes venut actualment Volkswagen Golf, amb un cotxe elèctric equivalent conduït en cada país.

	Suècia	Espanya	Polònia
Emissions del cotxe elèctric per cada km(g)	51	80	174
Punt d'encreuament (km)	19.000	22.000	65.000
Total d'emissions emeses durant la vida útil del cotxe elèctric (T)	11	18	39
Percentatge de millors respecte el total d'emissions del cotxe convencional (%)	79	68	32
Estalvi de tones de CO ₂ (T)	46	39	18
Anys necessaris per compensar les emissions* (anys)	1	1	3
Rànquing d'eficiència	1	2	3

Taula 7.1. Taula comparativa de les emissions que es produeixen al conduir un cotxe elèctric en un donat país (Font: Pròpia)

*Quilometres transcorreguts de mitjana per any son 20.000

En la taula 7.1 es pot observar que l'estalvi de CO₂ que s'obté en comparar un cotxe de combustió interna amb un elèctric a Espanya i Suècia és d'aproximadament 39 i 46 tones respectivament. En canvi, si ho comparem amb l'estalvi que presenta Polònia, que és de 18 tones, es veu clarament que Espanya i Suècia presenten més del doble d'estalvi pel que fa a les emissions. Aquest fet està directament lligat a les emissions de CO₂ que s'emeten per quilòmetre conduït pel cotxe elèctric les quals es poden reduir millorant el mix energètic que te'l país.

8. Localització de les emissions

Un tema important a tractar és on es localitzen les emissions en el moment de la fabricació d'un turisme. Tots els fabricants actualment estan invertint molt de capital per baixar les emissions locals. Amb emissions locals es refereixen al fet que el cotxe no emeti emissions de forma directa durant la circulació. Això no vol dir que aquest no n'emeti de forma indirecta. De forma indirecta fa referència a les emissions que estan relacionades amb la generació de l'electricitat que consumeix el vehicle elèctric per circular.

És a dir quan un cotxe elèctric circula no emet emissions, ja que no hi ha cap combustió, però consumeix electricitat i, per tant, contamina el que s'emet durant la generació de l'electricitat que consumeix. Així també, en el moment de parlar de la fabricació de vehicles elèctrics cal esmentar on es produeixen i es munten les bateries i d'on provenen les cel·les.

En la taula 8.1 s'observa la localització dels diferents processos en els models elèctrics més venuts del mercat.

Modelo	Producción y montaje de las baterías	Origen de las celdas
Renault ZOE II	Flins (Francia)	Polonia (LG Chem)
Peugeot e-208	Trnava (Eslovaquia)	China (CATL)
Tesla Model 3	Fremont (Estados Unidos)	Estados Unidos (Tesla-Panasonic)
Nissan LEAF II	Sunderland (Reino Unido)	Reino Unido (Nissan AESC)
BMW i3	Leipzig - Alemania)	Hungría (Samsung SDI) desde 2018
Hyundai Kona electric	Nosovice (República Checa)	Corea del Sur (LG Chem)
Kia e-Niro	Hwaseong (Corea del Sur)	Corea del Sur (SK Innovation)
Volkswagen ID.3	Leipzig - Alemania)	Alemania (LG Chem)

Taula 8.1. Taula resum dels fabricants i la procedència de les seves bateries (Font: Híbridos y elèctricos)

En aquest cas, el més important és que els països que es mostren per cada model en cada una de les columnes estiguin el més a prop possible, amb la finalitat de reduir les emissions en la producció final del vehicle. És a dir, per tal de reduir el consum, el país on es produeixen les cel·les i s'assemblen les bateries hauria de ser el mateix o com a mínim dintre del mateix continent.

Per exemple el BMW i3, la producció i muntatge de la bateria es troba a Alemanya i les cel·les venen d'Hongria. La distància és acceptable degut a la proximitat entre els països.

En el cas del Volkswagen ID.3 La producció de la bateria i l'origen de les cel·les és en el mateix país (Alemanya). Aquest exemple és un escenari molt adequat per reduir la petjada de carboni.

En canvi, en el cas del Hyundai Kona elèctric, la producció és a la República Txeca i l'origen de les cel·les a Corea del Sud. Estem parlant de dos continents diferents i la distància aèria entre aquests països és de 8.394 km. Però s'ha de tenir en compte que a causa del preu, les dimensions i el pes de les bateries aquestes són transportades en vaixells i la distància és considerablement més gran.

La tendència a Europa de cara al futur serà produir la gran part de les bateries a Europa per baixar la dependència de la indústria asiàtica. Un exemple és la nova planta que obrirà Volkswagen a Sagunt (València, Espanya). Això és essencial, ja que una forma eficient de reduir les emissions globals és precisament reduir la deslocalització dels diferents processos de fabricació d'un mateix model de vehicle.

9. BIW

En anglès: "Body in white", Traduït textualment significa cos en blanc. Això és degut al fet que és l'estructura de metall soldat base que forma el vehicle i aquesta principalment té un color gris o blanc.

Una carrosseria moderna en blanc (BIW) pren ni més ni menys que el 20% del pes brut del vehicle. El pes del vehicle té una relació directa amb el total d'emissions, ja que un pes més elevat implica més energia per fer-lo moure, la qual energia en els motors de combustió interna prové de la reacció química entre el combustible i l'aire i aquesta reacció emet emissions. Però també té una influència directa en els cotxes elèctrics, perquè un vehicle al ser més lleuger també consumirà menys energia elèctrica, la qual contamina en ser produïda.

Dins el disseny d'una carrosseria hi ha un conjunt de requeriments que cal complir. Entre aquests hi ha els següents:

9.1. Requeriments

- **Espai confortable:**

Optimitzar l'espai interior de manera que sigui el més espaiós possible dins de les possibilitats.

- **Rigidesa i resistència:**

Aconseguir la màxima rigidesa del cos en combinació amb una gran resistència.

- **Reducció del pes:**

El pes total d'un vehicle ve directament influenciat pel pes de l'estructura, per això s'inverteix molt en optimitzar-ne el pes.

- **Resistència a la corrosió:**

Un dels punts febles és la corrosió, per això s'ha avançat molt tecnològicament per evitar que es produeixi.

- **Aerodinàmic i bon disseny:**

Per poder dissenyar una estructura, cal pensar en l'aerodinàmica que tindrà el cotxe i ajustar-la al disseny exterior que tindrà.

- **Calcular espai suficient:**

Aquesta per poder ser validada, ha de complir uns mínims d'espai a l'habitacle.

- **Protecció de vianant i ocupant en cas d'accident:**

També ha de complir uns requisits per a la protecció tant per a vianants, és a dir, persones externes al vehicle, com per als mateixos ocupants. És a dir, distribuir de forma lògica on han de ser les parts més reforçades i on les menys.

- **Tenir en compte que l'interior ha de poder albergar els components:**

L'espai que es deixa a l'interior ha d'estar pensada per poder ser suficient per introduir tots els elements que componen l'interior del turisme.

El punt més crític a l'hora de fabricar una carrosseria son els materials.

9.2. Materials

9.2.1. Acer

L'acer que s'utilitza per a la fabricació de carrosseries no es fa servir en estat pur a causa del seu elevat pes i facilitat per oxidar-se. Per això, més comunament és usat l'aliatge acer-carboni. D'aquesta manera depenent del percentatge de carboni que s'hi incorpori, s'obtenen acers més o menys resistents. Així també es poden combinar amb silici, magnesi o fòsfor per poder assolir encara millors propietats.

Altres aliatges que es troben són els aliats amb niobi, titani o bor. Aquests seguits de tractaments tèrmics com a tremp o revingut, permeten aconseguir materials altament resistents davant d'una col·lisió. D'aquesta manera podem classificar els acers aliats principalment de la manera següent:

- Acers convencionals
- Acers d'alta resistència
- Acers de molt alta resistència
- Acers d'ultraalta resistència o borats

Els acers utilitzats en automoció presenten els avantatges següents:

- Versatilitat
- Baix cost
- Subministrament constant

- Alta conformabilitat
- Alta resistència d'impacte
- Àmplia habilitat d'enduriment
- Bona resistència a la corrosió de l'acer recobert
- Simplicitat d'acoblament
- Possibilitat de ser reformat durant la fabricació
- Tecnologia de reparació i manteniment ben desenvolupada
- Fàcil de reciclar

Principals desavantatges:

- Alta densitat
- Susceptibilitat a la corrosió de l'acer sense recobriment

Els acers convencionals estan dividits per tipus: acers dolços, acers refosforats, acers enduribles al forn, acers isotròpics, acers al carboni-manganès, acers de baix aliatge d'alta resistència.

9.2.2. Alumini

A principis del segle XX, l'alumini poques vegades es feia servir en el sector de l'automoció a causa dels alts costos dels materials, l'alt cost de l'acoblament de doble cos, la pitjor soldabilitat i confortabilitat que l'acer. L'alumini requereix equips específics de soldadura, conformat en fred i pintura. L'enduriment per deformació de l'alumini provoca l'aparició de fatiga de baix cicle. El mòdul d'elasticitat de l'alumini és 3 vegades menor que el de l'acer, de cara a la rigidesa implica efectuar modificacions en el disseny, utilitzant estructures mes gruixudes.

Així mateix, l'alumini té avantatges molt valuosos:

- El cos d'alumini és 2 cops més lleuger que el cos d'acer ordinari.
- A causa de les propietats opcionals de recobriment i pintura, l'alta resistència a la corrosió pot estalviar costos.
- El reciclatge de l'alumini no és un problema.
- El cost de ferralla arriba al 50% de l'alumini primari (15% de l'acer).

9.2.3. Magnesi

El magnesi és el material d'enginyeria més lleuger; la seva densitat és un 35% més petita que la de l'alumini i 4 cops més petita que la de l'acer. Els aliatges de magnesi d'alta puresa (per exemple, AZ91E) amb un contingut mínim d'inclusions metàl·liques (ferro, coure, níquel) tenen una gran resistència a la corrosió. L'alt cost dels aliatges de magnesi evidentment els fa no atractius per a la producció en massa. A més, no hi ha tecnologies prou desenvolupades d'extrusió i producció de planxes. El magnesi és químicament actiu, tendeix a lliscar, requereix una capa anticorrosiva i té una temperatura de fusió petita.

9.2.4. Polímers, plàstics i compostos

Els polímers tenen molts avantatges:

- Simplicitat de fabricació de peces complexes.
- Fàcil muntatge.
- Dany insignificant després d'un impacte a baixa velocitat.

Els polímers en el sector de l'automoció han de ser capaços de suportar temperatures dins de l'habitacle des de -40 a 90 °C. Els diferents requisits que han de superar es poden dividir en els següents grups:

- Els termoplàstics tenen un mòdul d'elasticitat baix (3GPa) i sovint una resistència baixa. Per tant, la millora de les propietats continua sent rellevant.
- Els polímers han d'exhibir una resistència fina a l'impacte, tant en impactes de baixa com d'alta velocitat. Els materials compostos compleixen aquests casos, però la predicció de la distribució de fragments i la retenció de parts segregades després de l'impacte és un nou problema atípic per als metalls.
- Els polímers tendeixen a tenir un major creixement tèrmic que els metalls, cosa que pot provocar pandeig, distorsió i rugositat per reacció. El disseny generalment considera aquesta característica.
- La resistència química dels polímers és crucial perquè tendeixen a degradar-se, per exemple, a causa del contacte amb el combustible però, els additius inhibidors de vegades eliminen aquesta falta. Els termoplàstics són materials d'alt pes molecular, que s'estoven i es fonen amb l'aplicació de calor. Diversos termoplàstics són components compostos amb alta resistència, baix pes, resistència a la corrosió i propietats tèrmiques fines.

9.2.5. Materials Avançats

CFRP vol dir “Carbon fiber reinforced plastic” que traduït es: Plàstic reforçat amb fibra de carboni.

Depenent de la tasca, el plàstic reforçat amb fibra de carboni es fabrica amb diferents tipus de plàstics i fibres.

Diversos factors depenen del procés de CFRP, els motlles generalment estan fets d'alumini o fibra de vidre. Per a peces de baix volum, es pot fabricar col·locant tela de fibra de carboni i resina en un motlle i deixant que s'endureixi al buit. Per crear peces de més volum, s'utilitza emmotllament per compressió.

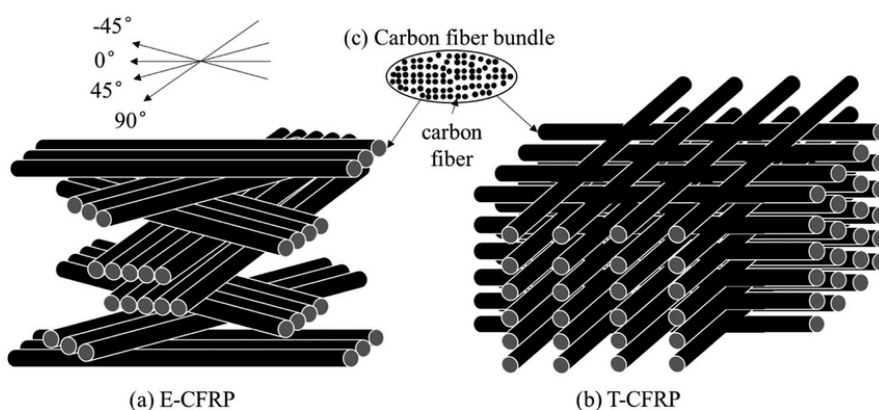


Figura 9.1. Diferents formes de intercalar les fibres de carboni. (Font: Motor Vehicle Structures: Concepts and Fundamentals)

Plàstics i fibres usats:

- Epoxi (el més utilitzat)
- Polièster
- Tereftalat de polietilè (PET)
- Vynilester
- Nylon
- Kevlar
- Alumini

Taula comparativa CFRP i acer:

Typical Properties	CFRP	Steel ASTM-A36
Density (g/cm ³)	1.8	7.85
Young's Modulus (GPa)	220	200
Tensile Strength (GPa)	2.48	1.88
Tensile Elongation (%)	0.5-2.0	0.1-0.3

Taula 9.1. taula de comparació de les propietats físiques del CFRP i l'Acer. (Font: Motor Vehicle Structures: Concepts and Fundamentals)

Tal i com es pot apreciar en la taula 9.1, la fibra de carboni presenta una densitat de quatre vegades menor que l'acer. Un mòdul de Young lleugerament millor, una resistència a la tracció superior i però també un allargament per tracció superior.

Avantatges

- Redueix el pes
- Augmenta la rigidesa i esmorteix el soroll i la vibració en punts estratègics
- Millora l'eficiència del combustible
- Més fàcil de modelar i treballar
- Redueix la resistència
- Redueix la contaminació
- Es pot utilitzar menys material
- Major vida útil (el CFRP és extremadament resistent a l'òxid i la corrosió)
- Menys manteniment

9.3. Programes de desenvolupament

Al món de l'automoció hi ha molts programes de desenvolupament que investiguen nous materials, tècniques de producció... que permeten obtenir un cotxe molt més lleuger.

9.3.1. Experimental composite vehicle (ECV)

Vehicle compost experimental (ECV) és un programa de recerca de materials alternatius per a la carrosseria (principalment alumini) orientats a millorar l'estalvi de combustible i rendiment general.

Alguns dels resultats obtinguts d'aquest programa són: reducció del pes en un 27% i l'augment de la rigidesa a la torsió en un 22%. I, encara que les instal·lacions de producció creades no van trobar cap ús a la indústria real, Ferrari i Jaguar van utilitzar l'experiència del projecte per estimar l'eficiència del disseny.

El material flexible i reciclable amb una fina resistència a les abonyegades, RRIM PU, es va investigar en profunditat, així com també el SMC rígid.

En els temps d'ECV, Audi estava desenvolupant el programa de concepte de marc espacial: Audi Space Frame (ASF). A partir d'aquí es va obtenir la versió d'alumini de l'Audi 100.

9.3.2. Ultra Light Steel Auto Body (ULSAB)

Ultra Light Steel Auto Body (ULSAB) és un programa finançat per 35 fabricants d'acer de 18 països, inclosos JFE Steel Corporation (Japó), ThyssenKrupp Stahl AG (Alemanya), SSAB (Suècia), US Steel Corporation (EUA) i orientat al desenvolupament de carrosseria d'automòbil d'acer lleuger.

La coordinació del projecte la va realitzar l'Institut Internacional del Ferro i l'Acer (IISI). ULSAB va mostrar un contingut de HSS del 90% al cos i unions soldades a mida (TWB) en un 50% de les unions. També es va avançar en les tecnologies d'hydroconformat, panells sandvitx i soldadura làser. El pes es va reduir en un 25%, la rigidesa a la torsió es va incrementar en un 80%, la rigidesa a la flexió es va incrementar en un 52% i el nombre de peces va reduir de 200 a 158 a causa de l'estampat elaborat.

9.3.3. Future Steel Vehicle (FSV)

Els èxits d'ECV i ULSAB van inspirar el comitè de canvi climàtic de l'ONU a declarar el programa Future Steel Vehicle orientat a disminuir emissions d'automòbils mitjançant la modernització de vehicles elèctrics de bateria d'alt volum.

FSV es va fundar després de la reunió del comitè de Bali el 2007. El programa està orientat al desenvolupament de carrosseries AHSS segures i lleugeres i promou unitats d'energia d'automòbils ecològiques.

Principals resultats de FSV:

-Disminució de pes al 35%.

-97% de contingut corporal HSS.

-Es van desenvolupar 20 nous graus d'AHSS per al 2015-2020 (ULSAB va desenvolupar 11 nous graus AHSS per al 2002-2010).

-Es va assolir la qualificació EuroNCAP de 5 estrelles.

9.3.4. FreedomCAR

El desig d'abaratir els costos i desenvolupar tecnologies de reciclatge va impulsar el Departament d'Energia dels EUA i el Consell de Recerca Automotriu dels Estats Units, inclosos Chrysler Group, Ford Motor Company i General Motors Company.

FreedomCAR es va fundar el 2002 per coordinar i promoure l'associació entre els participants i altres organitzacions per a la recerca d'automòbils avançats.

FreedomCAR objectius:

- reduir el pes al 50% i estalviar costos de fabricació i material.
- desenvolupar tecnologies de fabricació i assemblatge per a CFRP i aliatges de magnesi.
- abaratir el CFRP. Els sedans de 4 portes es van convertir en els principals temes de recerca.

9.3.5. SuperLight Car

SuperLightCar és un programa destinat a reduir el consum de combustible i les emissions de gasos d'efecte hivernacle en què participen Volkswagen, Fiat, Volvo, Daimler, Porsche, Opel, Renault i 33 proveïdors, institucions de recerca i universitats.

Es va reduir el pes corporal del Volkswagen Polo Mk 5 en un 39% (110 kg) el 2015, per la qual cosa el pes estimat va baixar als 171 kg.

La carrosseria va ser composta per alumini (53%), acer (36%), magnesi (7%) i plàstic (4%).



Figura 9.2. Prototip de Carrosseria de Superlightcar (Font: Institut für fahrzeugconcepte)

10. Bateries

Dins de la producció dels cotxes elèctrics, el component que més impacte té mediambientalment parlant, és la bateria. Fins al punt que produir un cotxe elèctric contamina de mitjana un 70% més que un de combustió interna convencional. Això vol dir que la petjada de carboni amb la que surt un cotxe elèctric de fàbrica es bastant elevada en comparació amb els cotxes convencionals. Per això se li ha de donar gran importància a l'hora de parlar de mobilitat elèctrica.

10.1. Tipus de bateries actuals

Cal destacar uns quants paràmetres a l'hora de parlar de bateries per a vehicles elèctrics:

Densitat energètica: energia que pot subministrar la bateria per cada Kg. (Wh/kg).

Potència: l'amperatge màxim en el procés de descàrrega. (W/Kg).

Eficiència: el rendiment de la bateria (el total d'energia útil que proporciona en %)

Cost: equival al preu de la mateixa.

Cicle de vida: el procés de cada càrrega i descarrega completa s'anomena cicle de vida, com més en tingui més durarà.

Tecnologies de les bateries actuals:

	Plom àcid	Níquel i hidrur metàl·lic	Ió-Liti	Super condensadors		
Electrolític	H ₂ SO ₄ + H ₂ O	KOH	LIPF ₆	Electròlit aquós	Electròlit orgànic	Electròlit aquós
Ànode	PbO ₂	M(Metall)	Grafit	Carboni	Carboni	Metàl·lic
Càtode	Pb	Ni(OH) ₂	LiMn ₂ O ₄	Carboni	Carboni	Metàl·lic
Voltatge de la Cèl·lula	2,4	1,2	4,0	1	3	1
Energia específica (Wh/kg)	35	50-80	250-400	0,2-1,3	3-6	1
Temperatura recomanada de treball	25	-20 a 50	50	-25 a 85	-40 a 85	-30 a 70

Taula 10.1 Característiques de les bateries mes comunes en el sector de l'automoció. (Font: pròpia)

10.1.1. Bateria Plom àcid:

És el tipus de bateria més usat avui en dia i representen el 40-45% de les vendes globals. Ofereixen una gran varietat de mides i dissenys i estan disponibles en grans quantitats. Poden tenir des de mides de menys d'1 Ah fins a milers d'Ah. Les variacions de disseny de les plaques d'elèctrodes permeten que funcionin com a bateries amb alta velocitat de descàrrega i baix consum (aplicacions d'arrencada d'automòbils) i també per a aplicacions de cicle profund amb velocitats de descàrrega moderades.

Avantatges:

- Poden ser fabricades arreu del món amb alts índex de producció.
- Els components de la cèl·lula es poden reciclar fàcilment.
- Són molt barates en comparació amb altres secundaris dissenys de bateries.
- Poden prescindir de manteniment.

Desavantatges

- Les bateries de plom-àcid requereixen un manteniment freqüent.
- Aquestes bateries perden aigua mentre estan en funcionament i el nivell de l'aigua s'ha de reposar.
- Com que utilitzen plom en la seva construcció, solen ser pesades i presenten dificultat per ser transportades.
- Les bateries de plom-àcid tenen un cicle de vida relativament baix (50-500 cicles).

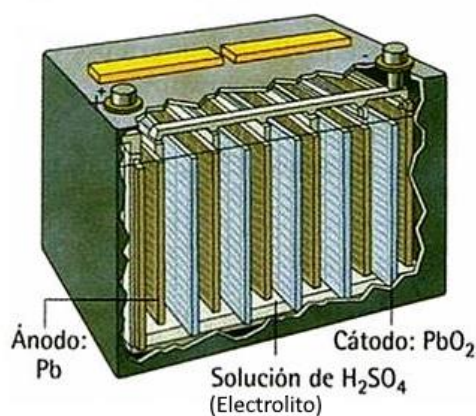


Figura 10.1. Esquema explicatiu de la bateria de plom àcid. (Font: Aaronit)

10.1.2. Bateria Níquel i hidrur metàl·lic:

La bateria de níquel-cadmi és una bateria molt fiable, robusta i de llarga durada. Les bateries de níquel-cadmi presenten supressió de tensió, també anomenades efecte memòria. L'efecte memòria fa que la bateria faci lliurar només la capacitat que es va utilitzar durant els cicles repetits de càrrega/descàrrega anteriors. Per això, tota la seva capacitat s'ha d'usar per a cada cicle de descàrrega per evitar una disminució de la capacitat màxima. L'efecte memòria fa que aquesta bateria sigui menys adequada per a aplicacions que no permeten una completa descàrrega.

Avantatges:

- Tenen una vida més llarga en comparació amb les de plom àcid.
- Interval de temperatures de funcionament ampliat comparat a bateries de plom-àcid. Això les fa més flexible en aplicacions pesades, pel que fa al rang de temperatures.
- Bateries extremadament resistents.
- Bona retenció de càrrega. Es poden emmagatzemar per llargs períodes sense deteriorament important de SoC.
- Aquestes bateries requereixen menys manteniment.
- No representen perills ambientals com les bateries Ni-Cd.

Desavantatges:

- La sobrecàrrega comporta greus conseqüències per a la bateria; condueix a l'escalfament de la bateria alliberant al seu entorn hidrogen gasós i augmenta el risc d'incendi. Com a resultat, les bateries Ni-MH requereixen circuits de càrrega complexos per assegurar-se que no es produeixi una sobrecàrrega.
- Circuits complexos per a la càrrega, implica que les cèl·lules no es poden carregar amb carregadors de bateries convencionals. Aquesta necessitat contribueix a un augment del cost de la bateria.
- Vida útil limitada d'uns 200–300 cicles si es descarregada repetidament a corrents de d'elevada càrrega.
- Presència de l'efecte memòria.

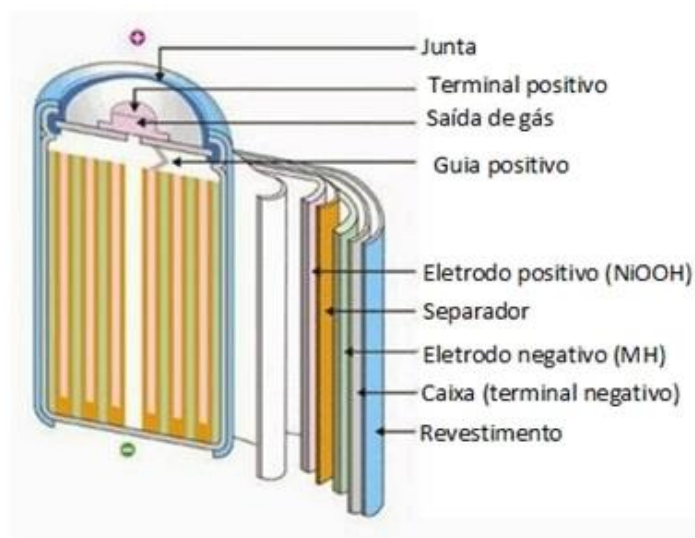


Figura 10.2. Esquema explicatiu del funcionament d'una bateria de níquel i hidrur metàl·lic. (Font: Journal of Electrochimica Acta)

10.1.3. Ió-Liti

Les cel·les d'ió liti són les més òptimes per a usos d'alt rendiment i amb limitacions d'espai. Posseeixen una gran energia específica i una densitat energètica alta. A causa de la seva alta densitat energètica provoca que siguin menys estables. Per això aquest tipus de cel·les són més probables d'incendiar-se si no són ben manipulades.

Avantatges

- Les cèl·lules d'ió de liti tenen un llarg cicle de vida, aproximadament de 800 cicles al 80% de profunditat de descàrrega. La qual cosa les fa molt adequades per a usos on es requereixen un elevat nombre de cicles de càrrega-descàrrega.
- Poden operar en un ampli rang de temperatures.
- Gràcies al baix índex d'autodescàrrega, dona lloc a què tinguin una llarga vida útil.
- Capacitat de càrrega ràpida, essencial per a usos en l'electrònica.
- Alta eficiència energètica, arriba fins al 94% durant un mateix cicle.
- No tenen efecte memòria.
- Aquestes bateries no representen un perill mediambiental, ja que no estan formades per materials tòxics.

- Alta densitat energètica (300–400 kWh/m³, 130 kWh/tona).
- Una de les qualitats més destacades de les cèl·lules d'ions de liti és que tenen una eficiència coulombica molt alta en comparació amb les cèl·lules de plom-àcid. Una nova cèl·lula d'ions de liti presenta una eficiència coulombica de fins a un 94% en comparació amb una bateria de plom-àcid que només té un 80% d'eficiència coulombica.

Desavantatges

- Les cèl·lules d'ions de liti tenen un cost inicial moderadament elevat.
- L'alta densitat d'energia de les cèl·lules d'ions de liti també dona lloc a problemes d'inestabilitat i risc d'incendi. Aquest comportament de les cèl·lules d'ions de liti fa que sigui obligatori tenir un circuit de protecció complex. Els sistemes de gestió de bateries per a les cèl·lules d'ió de liti han de ser capaços d'evitar la sobrecàrrega d'aquestes cèl·lules. La sobrecàrrega a les cèl·lules d'ions de liti provoca una fuga tèrmica i, posteriorment, un risc d'incendi.
- Les bateries d'ió de liti compostes per sèries de cèl·lules requereixen mòduls d'equalització de càrrega.

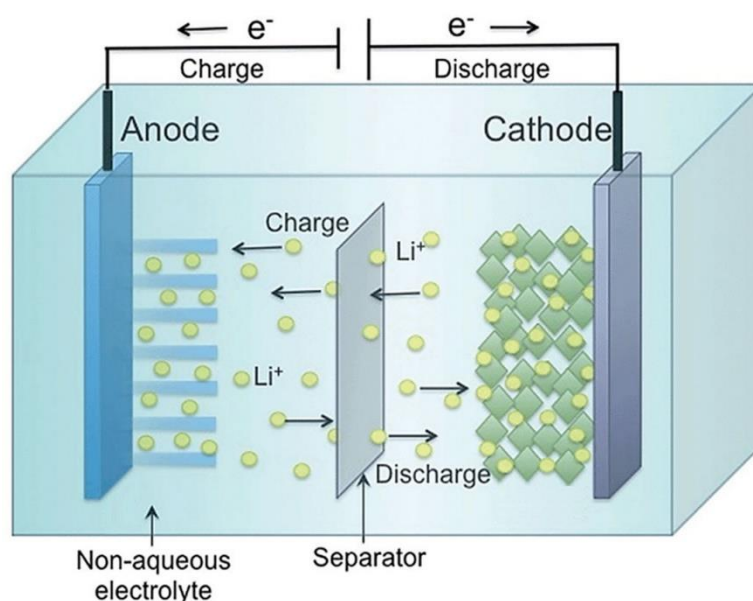


Figura 10.3. Esquema explicatiu del funcionament de la bateria de ió-Liti. (Font: MDPI)

10.2. Obtenció i fabricació

La producció de bateries requereix d'un llarg i complex sistema. Això es a causa de les matèries primeres que es necessiten ja que aquests solen ser poc abundants i difícils d'obtenir. Per a la fabricació del càtode es necessita: Liti, Cobalt, Níquel i Magnesi. Paral·lelament es necessita Grafit per a la fabricació del ànode, metalls per fer la carcassa i aparells electrònics entre d'altres. A partir d'aquí es produeixen les cèl·lules i s'assembla tot el conjunt. En la figura 10.4. es troba un esquema explicatiu de l'obtenció i fabricació de les bateries d'ió-liti.

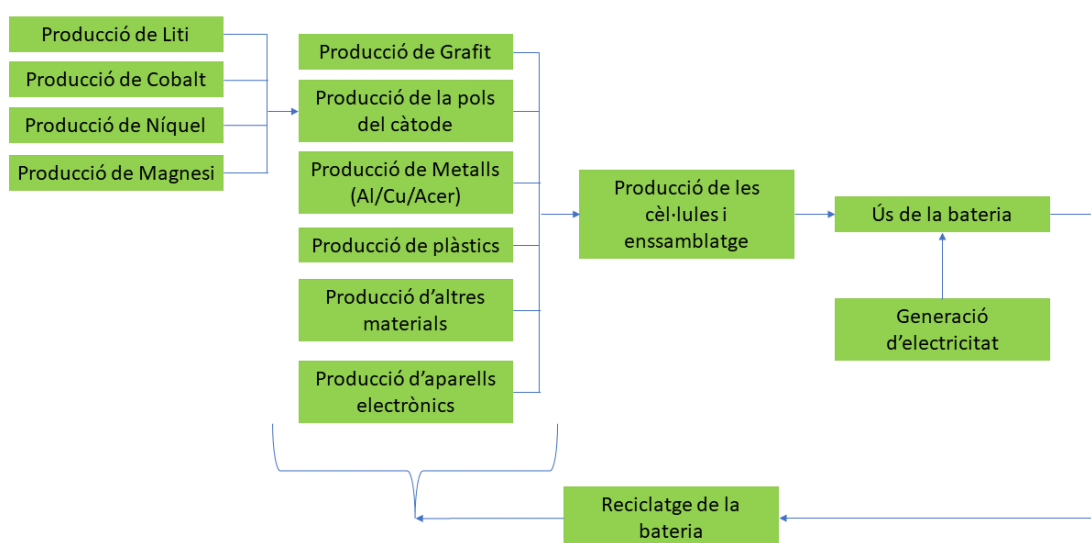


Figura 10.4. Obtenció i fabricació d'una bateria d'un vehicle. (Font: Pròpia)

Les bateries més comunament utilitzades en el món de l'automoció per a l'accionament dels cotxes elèctrics són les d'ió-liti. Una bateria d'aquestes amb una capacitat de 50 kWh, pesa aproximadament 400 kg. En la taula següent es veu quina proporció del pes total de la bateria aporta cada material que la forma.

Proporció en massa de la quantitat de material reciclable en una bateria d'ió-liti.

Material Reciclable	Proporció en pes (kg)
Alumini	126
Grafit	71
Níquel	41
Electròlit	37
Coure	22
Plàstic	21
Manganès	12
Cobalt	9
Electrònica	9
Liti	8
Acer	3
Residus	41
Total	400

Taula 10.2. Proporció de pes que aporta cada material del total del pes de la bateria d'un cotxe elèctric (Font: Volkswagen)

10.3. Origen de la matèria primera

A l'hora de parlar dels dipòsits de matèries primeres, cal tenir en compte dos aspectes diferents: d'una banda, els recursos generalment disponibles en el nostre planeta i, de l'altra, els jaciments que es poden extreure de manera rendible amb la tecnologia d'avui en dia i amb els preus de mercat actuals. Estudis científics mostren que la demanda de matèria primera a nivell global pot ser coberta amb disponibilitat actual. No obstant això, diversos estudis indiquen que sens dubte són possibles escassetats temporals o augments de preus de diverses matèries primeres, per exemple si s'han d'obrir noves instal·lacions de producció, si la demanda és massa gran o si hi ha problemes amb les exportacions dels països productors.

A continuació s'explicarà l'origen de les matèries primeres necessàries, que més impacte mediambiental tenen:

Grafit

El grafit s'utilitza per la fabricació de l'ànode en les bateries d'ió-liti. Aquest té la proporció en volum més gran de totes les matèries primeres de la bateria i també representa un percentatge important dels costos de producció de les cèl·lules. La Xina ha jugat un paper dominant en gairebé tota la cadena de subministrament durant diversos anys i produeix gairebé el 50% del grafit sintètic del món i el 70% del grafit en escates, que requereix un tractament previ abans de ser utilitzat per a la producció de bateries. Durant els darrers anys, s'han dut a terme exploracions creixents, en particular a Àfrica. Nous llocs d'extracció com Moçambic, Tanzània i Madagascar podrien alleujar la pressió sobre el mercat mundial. No obstant això, els riscos que comporta el processament del grafit en escates també presenten un problema per a la seguretat del subministrament, ja que aquest es realitza gairebé íntegrament a la Xina, juntament amb la producció d'ànodes. Actualment s'està investigant nous materials per a la fabricació de l'ànode, fet que podria disminuir notablement la dependència del grafit i els costos.

Cobalt

Com el níquel i el manganès, el cobalt és necessari per a la producció dels càtodes de la bateria. Actualment presenta els majors riscos de contractació de totes les matèries primeres de la bateria. Això es deu en particular al creixement de la demanda i als colls d'ampolla resultants. Hi ha constància que la demanda global podria augmentar fins a 315.000 tones el 2030, que és 20 vegades la quantitat actual. El desenvolupament de tecnologia de càtodes reduint la proporció de cobalt o fins i tot eliminant-lo, podria provocar una reducció considerable de la demanda global. La República Democràtica del Congo és en diferència el major productor. L'explotació minera de les mines de cobalt ha dominat el mercat mundial durant més de deu anys, amb una quota de mercat actual del 69%.

Liti

Atès que el mercat de liti és relativament petit, l'augment esperat de la demanda és especialment alt en relació amb els nivells de producció actuals. L'extracció de liti es limita actualment a Austràlia, Xile i l'Argentina. Les empreses que s'hi dediquen poques, només quatre d'aquestes controlen gairebé el 60% de la producció mundial. No obstant això, l'auge del liti en els últims anys ha demostrat que el mercat del liti s'enfronta a canvis importants. Juntament amb l'ampliació de les instal·lacions existents, s'estan planejant i aplicant projectes a gran escala en altres països, com el Canadà, Mèxic i Bolívia. Europa també té un potencial significatiu.

Manganès

El principal client de manganès és la indústria siderúrgica, que utilitza aproximadament el 90% del subministrament mundial. En l'actualitat, només aproximadament el 0,2% del manganès extret a tot el món s'utilitza en les bateries d'ions de liti. Les previsions mostren que aquest no presenta tendència a ascendir més d'un 1% en el futur.

Níquel

Per augmentar la densitat d'energia de les bateries d'ions de liti, s'utilitza una proporció molt major de níquel en les cèl·lules. Això significa que la demanda augmentarà de manera desproporcionada en augmentar la producció de bateries. Per a satisfer la creixent demanda en el futur, cal desenvolupar nous mètodes de fabricació per al sulfat de níquel. El mercat depèn en gran manera del subministrament de níquel primari procedent del sud-est asiàtic i, en particular, d'Indonèsia, que és amb diferència, el major país miner de níquel. En el 2020, Indonèsia va imposar una prohibició de les exportacions de mineral de níquel per assegurar que grans parts de la cadena de valor romanguessin al país. Després de la Xina, ara és el segon productor mundial de níquel, però només de níquel de classe II (menys del 99% de puresa).

11. Simulació d'un escenari de mobilitat alternatiu

11.1. Vehicles escollits

Per poder fer una comparació el més propera a una situació real, he decidit fer una comparativa de la meua situació. Agafaré el trajecte que faig jo cada dia per anar a la feina, i compararé les emissions reals que s'emeten quan utilitzo el meu cotxe de combustió interna o l'elèctric.

Característiques tècniques dels cotxes:

	Volkswagen e-Up! (2021)	Audi A3 (2009)
Propulsió	Motor elèctric	Motor de combustió interna
Combustible	-	Diesel
Dipòsit (kWh, L)	36,8	55
Autonomia (Km)	260	1000
Potència (CV)	83	140
Parell motor (Nm)	210	320
Pes (Kg)	1235	1420
Coefficient aerodinàmic	0,308	0,330
Consum mitjà combinat (Kwh/100km, l/100 km)	14,5	5,4
Emissions de CO₂ (gr/km)	-	143
Emissions de CO₂ en la fabricació (T)	9,5	5,8

Taula 11.1 Taula amb les especificacions tècniques dels vehicles escollits. (Font: Pròpia)

Aquests son els dos vehicles en qüestió fets servir per fer l'assaig:

Volkswagen e-Up!



Figura 10.1. Imatge del Volkswagen e-Up! (Font: km77)

Audi A3 Hothatch



Figura 10.2. Imatge del Audi A3 Hothatch (Font: km77)

11.2. Recorregut escollit per fer la comparativa

Seguidament es mostren els dos recorreguts efectuats per tal de poder determinar els consums reals dels vehicles.

Trajecte 1 (Tubinga – Weissach):

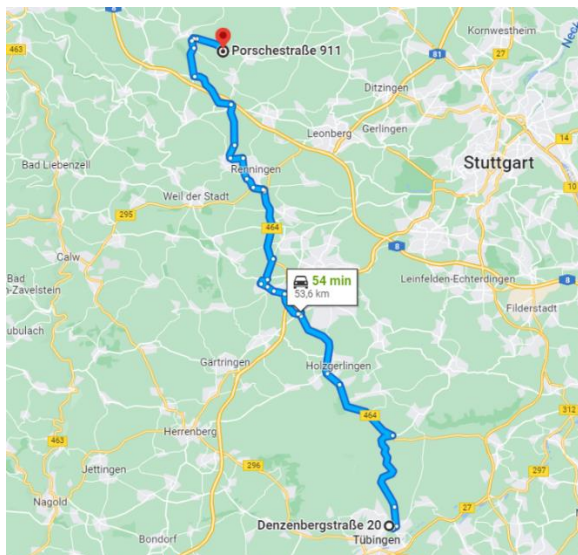


Figura 10.3. Mapa del trajecte recorregut de Tubinga a Weissach (Font: Google maps)

Trajecte 2 (Weissach – Tubinga):

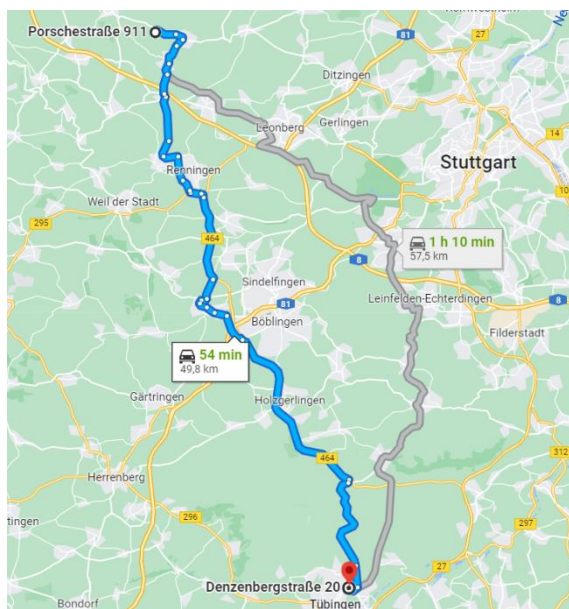


Figura 10.4. Mapa del trajecte recorregut de Weissach a Tubinga (Font: Google maps)

Recorregut total 103 km.

Urbà (10km, 10 %), Autopista (30 km, 30%), Carretera secundaria (63 km, 60%).

11.3. Càlculs necessaris per fer l'estudi

L'assaig consta de fer el trajecte explicat prèviament amb cada un dels cotxes. Agafar el consum real de cada un de referència i seguidament fer un càlcul amb el consum obtingut del total d'emissions que emetrà cada un al llarg de la seva vida útil que és d'aproximadament 200.000 km.

Per poder determinar de la forma més precisa possible el consum real de cada, he carregat cada cotxe al màxim abans i després de realitzar el trajecte i la diferència l'he agafat per calcular el consum cada 100 km. La conducció en els dos casos ha sigut normal i econòmica.

Consum obtingut amb l'Audi A3: 5,2 L/100 km

Consum obtingut amb el Volkswagen e-UP: 16,3 kWh/100 km

Seguidament es mostren els càlculs del total de CO₂ emès amb cada vehicle:

Audi A3

En cremar un litre de gasoil s'alliberen 2,65 kg de CO₂ a l'atmosfera. Però també s'han de sumar les emissions que s'emeten en l'obtenció d'aquest. Les emissions en l'obtenció són de 0,66 kg CO₂ per litre.

Per tant, el total d'emissions per litre és de 3,31 kg.

Total de CO₂ emès en la combustió cada 100 km:

$$2,65 \frac{kg}{L} * 5,2 kg = 13,78 kg \text{ de } CO_2 \text{ en la combustió cada } 100km.$$

Total de CO₂ emès en la producció per la quantitat de litres necessaris cada 100km:

$$5,2 * 0,66 = 3,43 kg \text{ de } CO_2 \text{ l'obtenció del gasoil cada } 100 km$$

Total de CO₂ emès globalment des de la producció fins la combustió:

$$13,78 + 3,43 = 17,21 kg \text{ de } CO_2 \text{ total emes cada } 100km.$$

Total de CO₂ emes globalment per cada km:

$$\frac{17,21}{100} = 0,1721 \text{ kg de CO}_2 \text{ per cada km.}$$

Volkswagen e-UP:

Com l'assaig és dut a terme a Alemanya, però per tal de poder fer una comparativa entre diferents països, s'agafaran com a països de referència Espanya i Suècia. Per tant es tindran en compte els mix elèctrics de cada país.

El cotxe elèctric en qüestió consumeix 16,3 kWh de mitjana cada 100 km.

- Alemanya

A Alemanya per cada kWh produït son emesos 485 g de CO₂.^[42]

El total de CO₂ emès globalment per cada 100 km:

$$16,3 \text{ kWh} * 0,485 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} = 7,9 \text{ kg per cada 100 km}$$

I aquest total per cada km:

$$\frac{7,9}{100} = 0,079 \text{ kg per Km.}$$

- Espanya

A Espanya per cada kWh produït son emesos 277,6 g de CO₂.^[42]

El total de CO₂ emès globalment per cada 100 km:

$$16,3 \text{ kWh} * 0,2776 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} = 4,52 \text{ kg per cada 100 km}$$

I aquest total per cada km:

$$\frac{4,52}{100} = 0,0452 \text{ kg per Km.}$$

- **Suècia**

A Suècia per cada kWh produït son emesos 57 g de CO₂.^[42]

El total de CO₂ emès globalment per cada 100 km:

$$16,3 \text{ kWh} * 0,057 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} = 0,93 \text{ kg per cada 100 km}$$

I aquest total per cada km:

$$\frac{0,93}{100} = 0,0093 \text{ kg per Km.}$$

A partir d'aquí amb l'ajuda d'Excel s'han aplicat les següents fórmules per calcular el total de CO₂ alliberat per cada cotxe al llarg de la seva vida útil.

S'agafa com a vida útil 200.000 km, aproximadament tretze anys fent 15.000 km per any. És la mitjana espanyola.

Formula per el cotxe dièsel:

$$f(x) = 5,8 T + 0,000172 * x$$

Formula pel cotxe elèctric per a cada país:

$$f(x) = 9,8 T + 0,000079 * x \rightarrow \text{Alemanya}$$

$$f(x) = 9,8 T + 0,0000452 * x \rightarrow \text{Espanya}$$

$$f(x) = 9,8 T + 0,0000093 * x \rightarrow \text{Suècia}$$

On x son els quilòmetres transcorreguts.

11.4. Resultats obtinguts

En aplicar les fórmules descrites prèviament a l'Excel he obtingut els següents valors (L'Excel està adjunt per si es volen consultar els càlculs):

Km	Emissions A3 (T)	Emissions e-UP (T)(DE)	Emissions e-UP (T) (ES)	Emissions e-UP (T) (SE)
0	5,8	9,5	9,5	9,5
10000	7,52	10,29	9,952	9,593
20000	9,24	11,08	10,404	9,686
30000	10,96	11,87	10,856	9,779
40000	12,68	12,66	11,308	9,872
50000	14,4	13,45	11,76	9,965
60000	16,12	14,24	12,212	10,058
70000	17,84	15,03	12,664	10,151
80000	19,56	15,82	13,116	10,244
90000	21,28	16,61	13,568	10,337
100000	23	17,4	14,02	10,43
110000	24,72	18,19	14,472	10,523
120000	26,44	18,98	14,924	10,616
130000	28,16	19,77	15,376	10,709
140000	29,88	20,56	15,828	10,802
150000	31,6	21,35	16,28	10,895
160000	33,32	22,14	16,732	10,988
170000	35,04	22,93	17,184	11,081
180000	36,76	23,72	17,636	11,174
190000	38,48	24,51	18,088	11,267
200000	40,2	25,3	18,54	11,36

Taula 11.2. Taula amb els resultats obtinguts de les emissions totals de cada vehicle en funció dels km (Font: Pròpia)

Obtenim la gràfica següent:

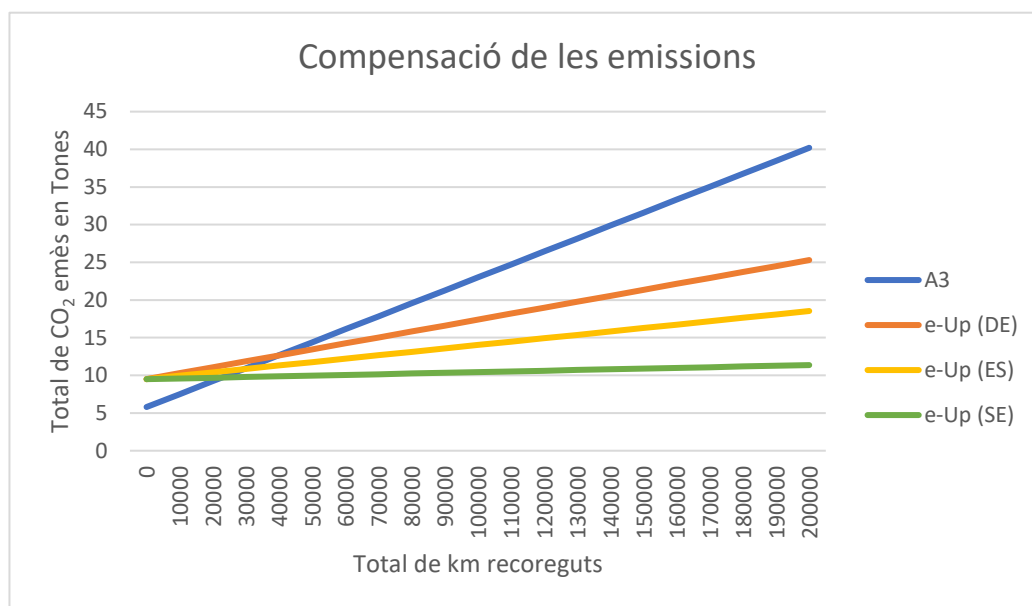


Figura 11.3. Gràfica de comparació del total de CO₂ emès amb cada vehicle (Font: Pròpia)

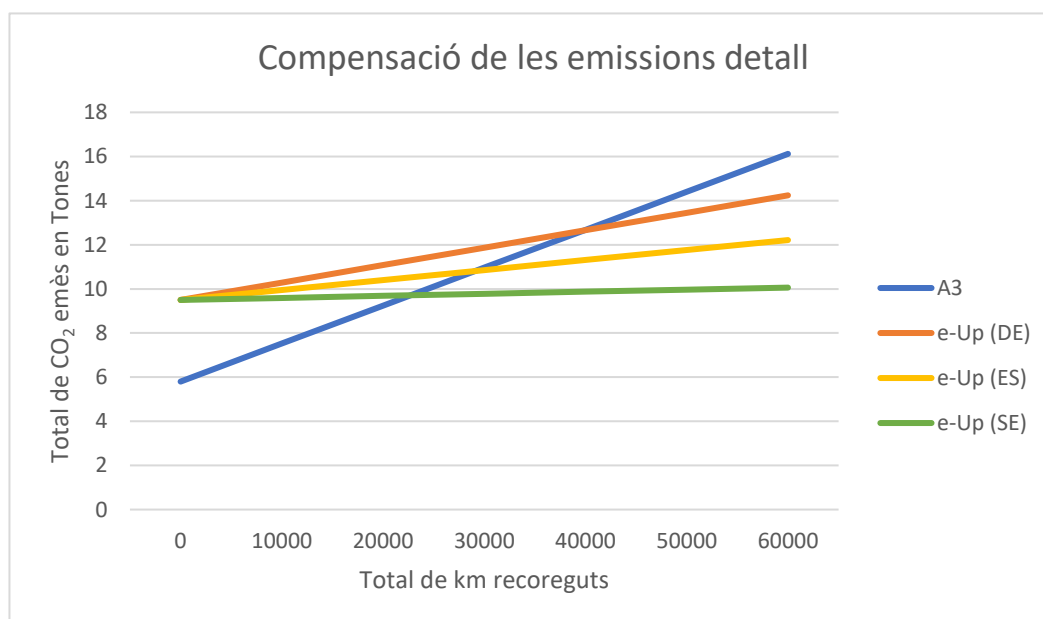


Figura 11.4. Gràfica de comparació del total de CO₂ emès amb cada vehicle detallada (Font: Pròpia)

- **Alemanya**

A partir d'aquesta gràfica es pot observar que les emissions es compensen a partir dels 40.000 km recorreguts. Això implica que a partir d'aproximadament tres anys de vida, el cotxe elèctric emetrà menys emissions a escala global. A nivell local el cotxe elèctric mai emetrà emissions i el total d'emissions que emet durant la seva vida útil, depèn directament del mix elèctric de cada país.

En aquesta concreta comparativa, al final de la vida útil de cada vehicle podem observar que el cotxe dièsel haurà emès 40,2 tones de CO₂, i l'elèctric 25,3 tones de CO₂. La diferència és clara, l'elèctric acaba emetent 15 tones menys de CO₂ que el de combustió interna.

- **Espanya**

Si el cotxe elèctric és conduït a Espanya, es pot observar en la figura 11.3 que a partir dels 30.000 km recorreguts aquest comença a contaminar menys que el de combustió. Al final de la seva vida útil el cotxe elèctric haurà emès 18,5 tones de CO₂ que són 22 tones menys que el de combustió i 7 tones menys si aquest elèctric fos conduït a Alemanya.

- **Suècia**

En canvi, si el cotxe elèctric és conduït a Suècia igual que s'observa en la figura 11.4, a partir de 23.000 km aquest comença a ser menys contaminant que el de combustió. Aquesta xifra vol dir que al cap d'un any i mig aquest vehicle serà més net que un de combustió estàndard.

Al final de la seva vida útil el cotxe elèctric haurà emès 11,4 tones de diòxid de carboni. Això és menys de la meitat que el que contaminaria a Alemanya.

El que és clar és que perquè un cotxe elèctric comenci a ser menys contaminant, ha de recórrer certs quilòmetres, ja que un cotxe elèctric que no fa quilòmetres vol dir que a nivell global contamina més.

En fer la comparativa queda clar que per tal de fer el pas a l'electrificació s'ha de tenir molt el compte el mix energètic. Ja que, és un dels factors que acaba determinant com és de gros el sac d'emissions que acaba arrossegant un cotxe elèctric al final de la seva vida útil.

11.5. Comparació amb un vehicle híbrid endollable (PHEV)

Fins ara els vehicles híbrids eren la solució sostenible abans dels completament elèctrics. Per tal de comparar com és de cert aquest fet, afegirem a la comparació un vehicle equivalent híbrid edollable.

El vehicle en qüestió és l'Audi A3 40 TFSI E.

	Audi A3 40 TFSI E (2021)
Propulsió	Motor elèctric + motor de combustió
Combustible	Gasolina
Dipòsit (kWh, L)	13 kWh / 40 L
Autonomia (Km)	810
Potència (CV)	204
Parell motor (Nm)	350
Pes (Kg)	1635
Coefficient aerodinàmic	0,3
Consum mitjà combinat (Kwh/100km, l/100 km)	(9,1 kWh + 3,3 L)*
Emissions de CO₂ (gr/km)	162,2
Emissions de CO₂ en la fabricació (T)	10

Taula 11.3. Taula amb les especificacions tècniques de l'Audi A3 TFSI E. (Font: Pròpia)

*Al no disposar d'aquest vehicle, els consums mitjans els he tret de proves de conducció fetes de Auto motor und sport.

La comparativa s'ha fet igual que en el cas anterior comparant els mix energètics dels països: Alemanya, Espanya i Suècia.

En cremar un litre de gasolina s'alliberen 2,35 kg de CO₂ a l'atmosfera. Però també s'han de sumar les emissions que s'emeten en l'obtenció d'aquest. Les emissions en l'obtenció són de 0,705 kg CO₂ per litre.

Per tant, el total d'emissions per litre és de 3,06 kg.

Els càlculs per al motor de combustió són els mateixos per a tots els països.

Càlculs motor de combustió:

Total de CO₂ emès en la combustió cada 100 km:

$$2,35 \frac{kg}{L} * 3,3 L = 7,755 kg \text{ de } CO_2 \text{ en la combustió cada } 100km.$$

Total de CO₂ emes en la producció per la quantitat de litres necessaris cada 100km:

$$3,3 * 0,705 = 2,178 kg \text{ de } CO_2 \text{ l'obtenció del gasoil cada } 100 km$$

Total de CO₂ emes globalment des de la producció fins a la combustió:

$$8,745 + 2,17 = 10,915 kg \text{ de } CO_2 \text{ total emes cada } 100km.$$

Total de CO₂ emes globalment per cada km:

$$\frac{10,909}{100} = 0,109 kg \text{ de } CO_2 \text{ per cada } km.$$

Càlculs motor elèctric:**- Alemanya**

A Alemanya per cada kWh produït son emesos 485 g de CO₂.

El total de CO₂ emès globalment per cada 100 km:

$$9,1 \text{ kWh} * 0,485 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} = 4,41 \text{ kg per cada 100 km}$$

I aquest total per cada km:

$$\frac{4,41}{100} = 0,0441 \text{ kg per Km.}$$

En combinació del motor elèctric i el de combustió dos:

$$0,0441 + 0,109 = 0,153 \text{ kg de CO}_2 \text{ per cada km.}$$

Formula per al cotxe híbrid endollable:

$$f(x) = 10 T + 0,000153 * x$$

- Espanya

A Espanya per cada kWh produït son emesos 277,6 g de CO₂.

El total de CO₂ emès globalment per cada 100 km:

$$9,1 \text{ kWh} * 0,2776 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} = 2,53 \text{ kg per cada 100 km}$$

I aquest total per cada km:

$$\frac{2,53}{100} = 0,0253 \text{ kg per Km.}$$

En combinació del motor elèctric i el de combustió dos:

$$0,0253 + 0,109 = 0,134 \text{ kg de CO}_2 \text{ per cada km.}$$

Fórmula per al cotxe híbrid endollable:

$$f(x) = 10 T + 0,000134 * x$$

- Suècia

A Suècia per cada kWh produït son emesos 57 g de CO₂.

El total de CO₂ emès globalment per cada 100 km:

$$9,1 \text{ kWh} * 0,057 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} = 0,52 \text{ kg per cada 100 km}$$

I aquest total per cada km:

$$\frac{0,52}{100} = 0,0052 \text{ kg per Km.}$$

En combinació del motor elèctric i el de combustió dos:

$$0,0052 + 0,109 = 0,114 \text{ kg de CO}_2 \text{ per cada km.}$$

Formula per al cotxe híbrid endollable:

$$f(x) = 10 T + 0,000114 * x$$

- Resultats

Després d'aplicar les fórmules a l'Excel he obtingut els següents resultats:

Km	Emissions A3 (T)	Emissions A3 TFSI E (T) (DE)	Emissions A3 TFSI E (T) (ES)	Emissions A3 TFSI E (T) (SE)
0	5,8	10	10	10
10000	7,52	11,53	11,34	11,14
20000	9,24	13,06	12,68	12,28
30000	10,96	14,59	14,02	13,42
40000	12,68	16,12	15,36	14,56
50000	14,4	17,65	16,7	15,7
60000	16,12	19,18	18,04	16,84
70000	17,84	20,71	19,38	17,98
80000	19,56	22,24	20,72	19,12
90000	21,28	23,77	22,06	20,26
100000	23	25,3	23,4	21,4
110000	24,72	26,83	24,74	22,54
120000	26,44	28,36	26,08	23,68
130000	28,16	29,89	27,42	24,82
140000	29,88	31,42	28,76	25,96
150000	31,6	32,95	30,1	27,1
160000	33,32	34,48	31,44	28,24
170000	35,04	36,01	32,78	29,38
180000	36,76	37,54	34,12	30,52
190000	38,48	39,07	35,46	31,66
200000	40,2	40,6	36,8	32,8

Taula 11.4. Taula amb els resultats obtinguts de les emissions totals de cada vehicle en funció dels km (Font: Pròpia)

Gràfica obtinguda:

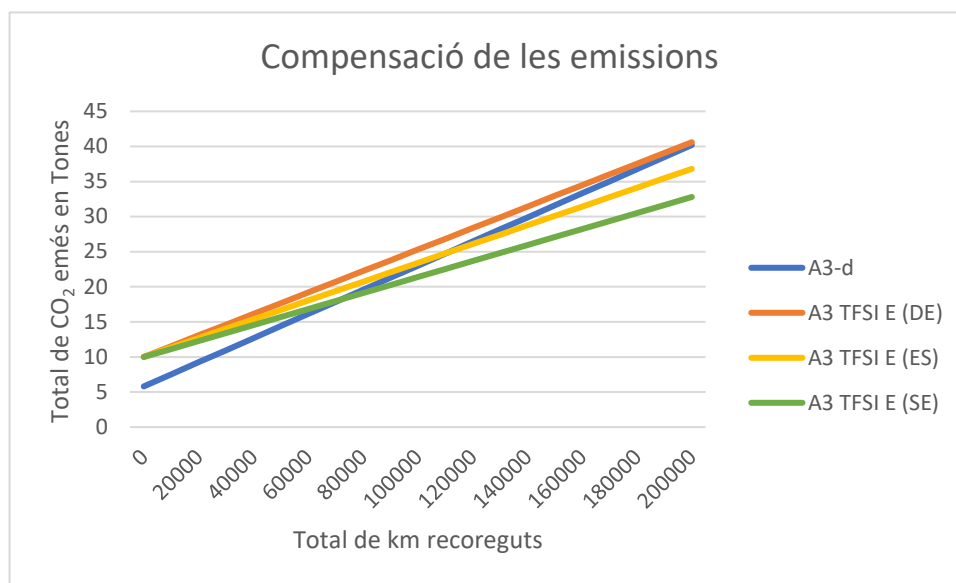


Figura 11.5. Gràfica de comparació del total de CO₂ emès amb cada vehicle (Font: Pròpia)

- Alemanya

Com es pot observar a la taula 11.4 després de la vida útil dels dos vehicles, el total de CO₂ emès està bastant igualat, aproximadament 40 T. Aquest resultat mostra que al final de la vida útil d'un vehicle de combustió i d'un híbrid endollable no hi ha cap diferència si s'agafa el mix energètic d'Alemanya en quant a les emissions totals emeses. Partint des de: la producció, el que contamina produir el combustible o l'electricitat per accionar els vehicles i les emissions generades en cremar els combustibles.

- Espanya

Observant també la taula 11.4, es veu que si el vehicle híbrid és conduït a Espanya hi ha una diferència total d'aproximadament 3 tones al final de la vida útil dels dos vehicles. Això tenint en compte que estem parlant d'un total de 40 tones no és gran estalvi encara que per petit que sigui hi és.

- Suècia

Seguidament està Suècia que tal com s'ha vist en la comparació prèvia va ser el millor país entre els tres escollits per conduir un vehicle elèctric. Bé doncs en el cas de l'híbrid els resultats són similars encara que no tan satisfactoris. El total emès si el cotxe híbrid és conduït a Suècia, és de 32,8 tones que en comparació amb les 40,2 tones emeses del vehicle de combustió interna, presenta una millora d'aproximadament 7,4 tones el qual resultat ja comença a mostrar una diferència al final de la vida útil dels vehicles.

El que es veu clar és que en fer la comparació amb un vehicle híbrid endollable, els estalvis no són tan grans com per exemple en el cas del cotxe completament elèctric. Això es deu principalment a què el consum de carburant del vehicle híbrid endollable continua sent significatiu i de la mateixa forma el consum d'electricitat també és relativament elevat. Per tant, depenent del país on es condueixi aquest híbrid endollable en efecte final no presentarà un estalvi o bé no prou significatiu per la diferència de preu que suposa la seva compra. On si que es pot apreciar una millora es en quant a l'emissió d'altres gasos nocius per a la salut com: NO_x, CO, HC; ja que consumeix menys combustible.

12. Anàlisi d'un possible escenari de substitució dels cotxes de combustió interna per elèctrics.

Fer un canvi de motorització a gran escala no és possible del dia a la nit. Totes les empreses estan enfocant la seva producció cap a una direcció sòlida, el cotxe elèctric. En aquest apartat es mostrarà quina viabilitat té aquest canvi agafant com a país d'exemple Alemanya.

12.1. Producció de cotxes elèctrics:

S'ha agafat Alemanya com a exemple, ja que és un dels majors productors de vehicles a Europa. A Alemanya són matriculats actualment 44.000.000 de vehicles, dels quals elèctrics són 620.000. És cert que tal com s'aprecia en el següent gràfic la matriculació de vehicles elèctrics a Alemanya tenen una tendència exponencial analitzant les dades dels últims anys.

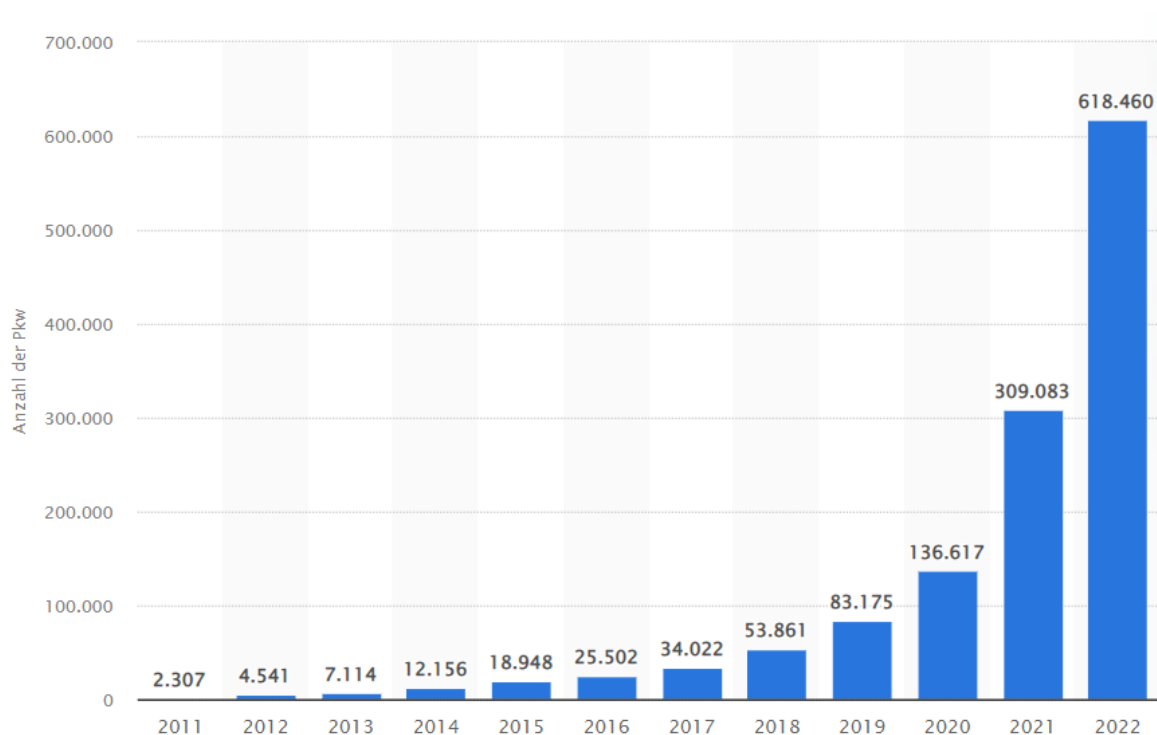


Figura 12.1. Gràfica que mostra l'evolució de les vendes de cotxes elèctrics a Alemanya durant la última dècada. (Font: Statista)

Alemanya produeix aproximadament 4.000.000 de vehicles a l'any, però la majoria són venuts a fora d'Alemanya. Posem el cas que es volen substituir tots els cotxes de combustió per cotxes elèctrics. Fent el millor escenari possible que és que Alemanya produeix només cotxes elèctrics i els ven només a Alemanya. En aquest cas:

$$44.000.000 - 620.000 = 43.380.000 \text{ vehicles de combustió}$$

$$\frac{43.380.000 \text{ vehicles de combustió}}{4.000.000 \text{ vehicles electrics / any}} = 10,85 \text{ anys}$$

Per poder produir la mateixa quantitat de vehicles que hi ha actualment seran necessaris gairebé onze anys. Un cotxe elèctric emet de mitjana un 70% de CO₂ més en la seva producció que un de combustió. Un cotxe de classe mitjana (tipus Volkswagen golf) emet 6 tones de CO₂ en la seva producció, un elèctric mitjà emet 10 tones de CO₂. Per tant, si només es produeixen cotxes elèctrics, s'emetrà 16.000.000 de tones més de forma directa a nivell global cada any. Al final d'aquests onze anys s'hauran produït 176.000.000 d'emissions globals més. Encara així existeix un moment donat on igualment es compensen les emissions, i les emissions a nivell global comencen a baixar.

En la següent gràfica es representa aquest fet:

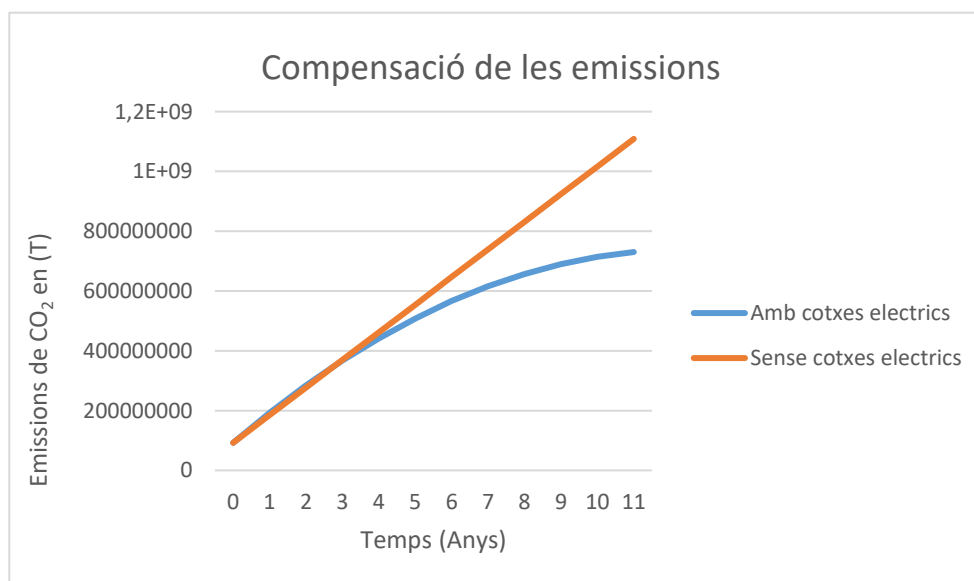


Figura 12.2. Gràfica que mostra el moment on es comencen a compensar les emissions de CO₂ (Font: Pròpia)

La línia taronja representa les emissions de CO₂ emeses pels cotxes de combustió interna durant els onze anys següents sense la producció de cotxes elèctrics.

La línia blava representa les emissions de CO₂ emeses si cada any se substitueixen 4 milions de cotxes de combustió per cotxes elèctrics, ja que és la capacitat de producció que té Alemanya. Això és el total d'emissions que s'emetran a l'haver transcorregut els onze anys.

S'observa que a partir del quart any, les emissions globals sense encara haver substituït ni la meitat dels cotxes de combustió per cotxes elèctrics comencen a baixar considerablement. Per tant, es pot apreciar una millora considerable en l'emissió de CO₂ sense encara havent substituït ni la meitat dels cotxes. I tenint en compte que aquest pronòstic està fet amb el mix energètic actual d'Alemanya el qual de cara als següents anys serà més baix amb l'avenç tecnològic i la inversió en fonts d'energia renovables. A part de produir menys CO₂ cada cop es produiran menys gasos nocius per la salut com: monòxid de carboni (CO), òxids de nitrogen (NOx), hidrocarburs no cremats (HC)... Els quals son altament nocius pels essers vius.

A partir d'aquest punt, l'estalvi anual d'emissions de CO₂ respecte a si tots els vehicles són de combustió, és de:

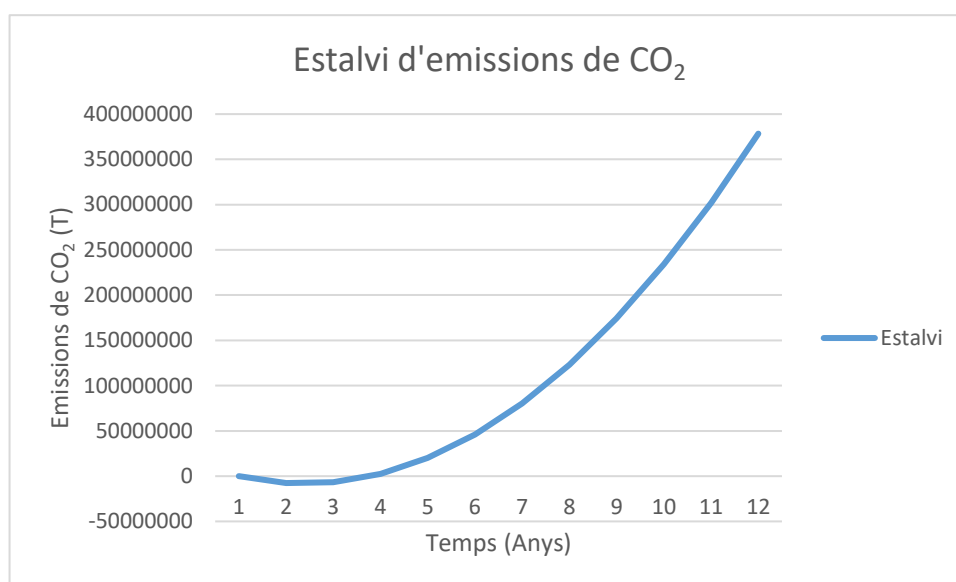


Figura 12.3. Gràfica que mostra l'increment de l'estalvi d'emissions de CO₂ en funció dels anys (Font: Pròpia)

L'estalvi d'emissions a nivell global en onze anys és de: 378 milions de tones de CO₂. És una xifra envejable, però tampoc queda tan lluny de la realitat. L'únic factor que varia de cara a la realitat és el temps amb el qual se substituiran els cotxes de combustió.

Emissions totals dels cotxes de combustió anuals:

$$44000000 \text{ cotxes} * 15000 \frac{\text{km}}{\text{any}} * 0,00014 \text{ T de } \frac{\text{CO}_2}{\text{km}} = 92400000 \text{ T de CO}_2$$

Emissions totals dels cotxes elèctrics anuals:

$$44000000 \text{ cotxes} * 15000 \frac{\text{km}}{\text{any}} * 0,00007 \text{ T de } \frac{\text{CO}_2}{\text{km}} = 46200000 \text{ T de CO}_2$$

Estalvi d'emissions anuals:

$$\begin{aligned} &92400000 \text{ T de CO}_2 \text{ produïts per cotxes de combustió} \\ &\quad - 46200000 \text{ T de CO}_2 \text{ produïts per cotxes electrics} \\ &= 462000000 \text{ T de CO}_2 \text{ estalviats per any} \end{aligned}$$

És a dir en el moment on tots els cotxes siguin elèctrics, l'estalvi anual d'emissions serà de 46200000 T de CO₂.

Ara es presenta un escenari més real:

Ara hem fet una estimació si Alemanya ven tots els cotxes que produeix al seu propi país. La realitat és una altra. A Alemanya el darrer any van ser matriculats 2,62 milions de turismes. Com que els cotxes que es matriculen són produïts en tot el món i no només a Alemanya, l'anàlisi de les emissions es a nivell mundial i no únicament a alemanya.

En aquest segon escenari es pot observar que degut a que el ritme de substitució és més baix, el punt on es comencen a rebaixar les emissions és a partir del cinquè any. De la mateixa manera els anys necessaris per substituir tots els vehicles incrementa a disset anys. Es pot observar a la figura 12.4.

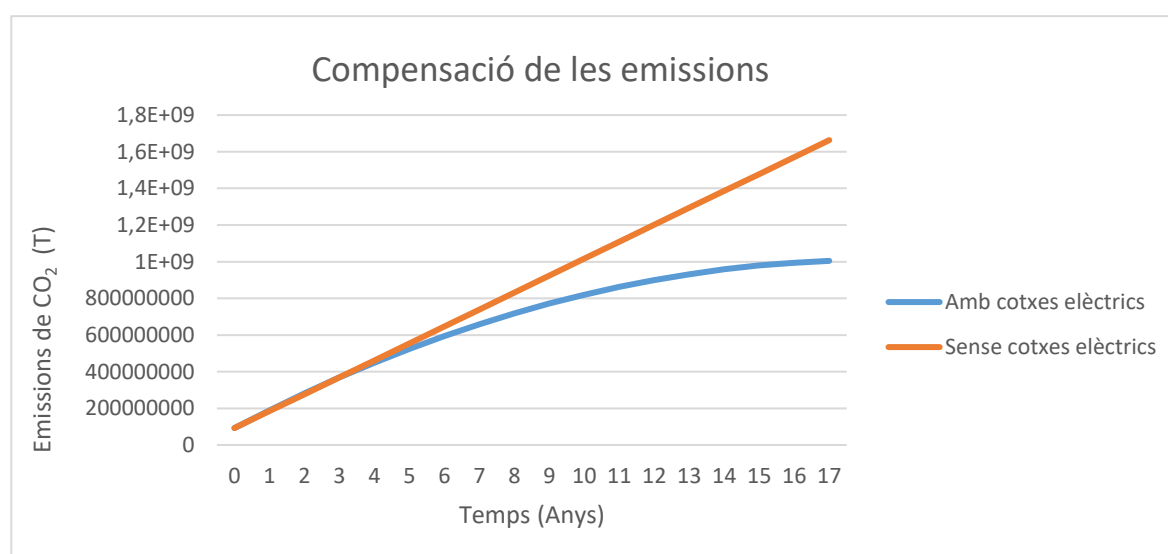


Figura 12.4. Gràfica que mostra el moment on es comencen a compensar les emissions de CO₂ (Font: Pròpia)

Una cosa que es manté molt igualada en els dos escenaris és la tendència que segueix la gràfica de l'estalvi d'emissions de CO₂. Si comparem un mateix any en les dues gràfiques per exemple l'any 10, observem que en l'escenari 1 a l'any 10 s'hauran estalviat unes 234.000.000 de tones de CO₂ i en el segon unes 196.300.000 tones. Aquesta variació es deu al fet que el ritme de substitució és més baix, però igualment presenta unes xifres sorprenents. El gràfic de l'estalvi d'emissions es mostra a la figura 12.5.

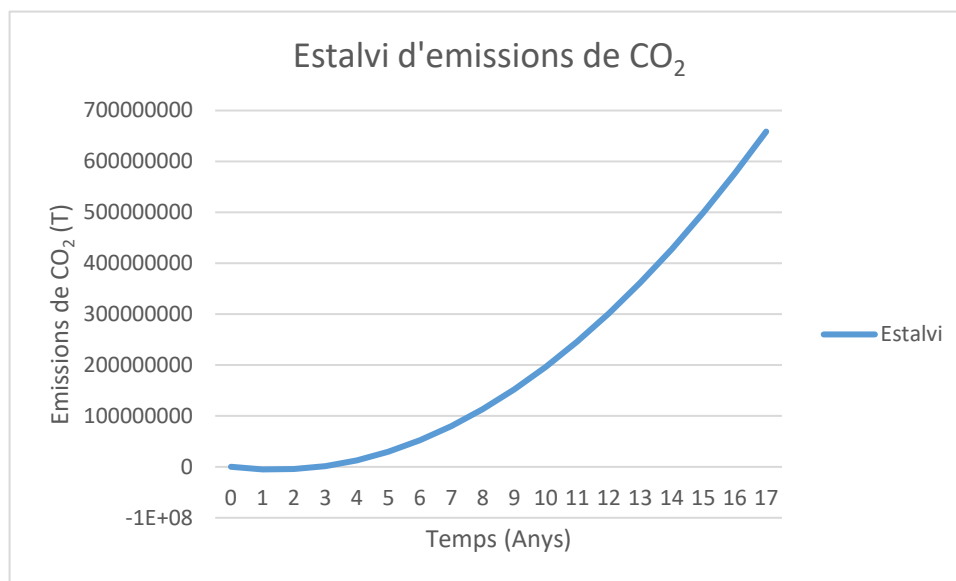


Figura 12.5. Gràfica que mostra l'increment de l'estalvi d'emissions de CO₂ en funció dels anys (Font: Pròpia)

12.2. Energia necessària per carregar els vehicles:

Alemanya en el darrer any va produir 650.000.000 kWh.^[61]

Agafant la mateixa xifra de vehicles que hi circulen que és de 44 milions i posant que se circula de mitjana 15.000 km per any, ja que és aproximadament la mitjana alemanya i el consum mitjà d'un vehicle elèctric actualment és d'uns 17 kWh cada 100 km:

$$44000000 \text{ vehicles} * 17 \text{ kWh} * \frac{15000}{100km} km = 112,2 \text{ TWh}$$

Per produir un litre de carburant es necessiten de mitjana 1,5 kWh. Per tant, si hi ha els mateixos cotxes de combustió que recorren els mateixos km cada any i de mitjana consumeixen 7 litres cada 100 km:

$$44000000 \text{ vehicles} * 7L * 1,5 \frac{kWh}{L} * \frac{15000}{100km} km = 69,3 TWh$$

Tota aquesta energia que és destinada en produir combustibles fòssils és estalviada, ja que els cotxes ja no la utilitzarien com a font de propulsió.

Alemanya el darrer any va produir 45 kWh que no es van utilitzar i de forma natural es van vendre a fora. Si fem la suma obtenim l'impacte energètic real:

$$112,2 - 69,3 - 45 = -2,1 kWh$$

És a dir, el balanç energètic encara està per sota de la capacitat de producció actual. En conclusió no suposaria cap problema de cara a l'abastiment elèctric.

12.3. Reciclatge dels vehicles de combustió existents

Actualment, la capacitat per reciclar un vehicle de combustió interna és del 88% del seu pes.

Pneumàtics: 12% d'aquests són recaptats, és a dir, se'ls hi torna a posar cautxú en la part desgastada. La resta és triturada i separada en 65% cautxú, 25% acer i 10% tèxtil. Cada part d'aquestes és 100% reciclada.

Finestres: Les llunes no són fetes de vidre com a tal, per aquest motiu no es poden reciclar. L'única sortida és triturar-los i per exemple, la pols fer-la servir per fabricar llimes.

Plàstics: Corresponen al 12% del pes del vehicle que no s'aconsegueix reciclar.

Metalls: L'estructura del vehicle es redueix en un cub de metall per poder facilitar el seu transport, seguidament és separat en alumini, ferro, acer i coure i es recicla donant lloc a noves peces.

Bateries Convencionals: Aquestes són de plom i àcid i contenen principalment plàstics i plom. El procés de reciclatge és el següent. Principalment, s'emmagatzemen en centres autoritzats pel ministeri de salut. Seguidament, els components de les bateries es fonen per poder extreure la matèria primera que després s'aprofitarà per a la producció de nous components. Després, la matèria primera es fon per poder donar-li una forma més còmode i fàcil de transportat i emmagatzemar. Finalment gràcies a aquest procés és possible la fabricació de noves bateries. És un procés molt sostenible a nivell global sempre i quan es faci de forma correcta.

Paral·lelament, és imprescindible ser molt curós a l'hora de reciclar-les, ja que els elements que contenen són altament nocius per a la salut humana i també per la fauna i flora..

12.4. Infraestructura necessària

Perquè els vehicles elèctrics puguin competir en les mateixes condicions que els de combustió cal desenvolupar una infraestructura de recàrrega global que contribueixi a democratitzar aquesta tecnologia. La nova fabricació de cotxes elèctrics, amb bateries que superen els 50 kWh de capacitat, necessita una infraestructura de recàrrega que ofereixi velocitats de càrrega escalonades i apropiades per a cada situació. La més bàsica és la vinculada, que se situa a l'habitatge o a la feina i que no necessita més de 4 kW de potència. La segona, la recàrrega d'oportunitat, localitzada a centres d'oci i compres, hauria d'assolir potències d'almenys 11 kW. Finalment, la xarxa pública de recàrrega ràpida, que s'utilitzarà per a llargs desplaçaments, hauria de passar dels 50 kW que és l'estàndard avui dia.

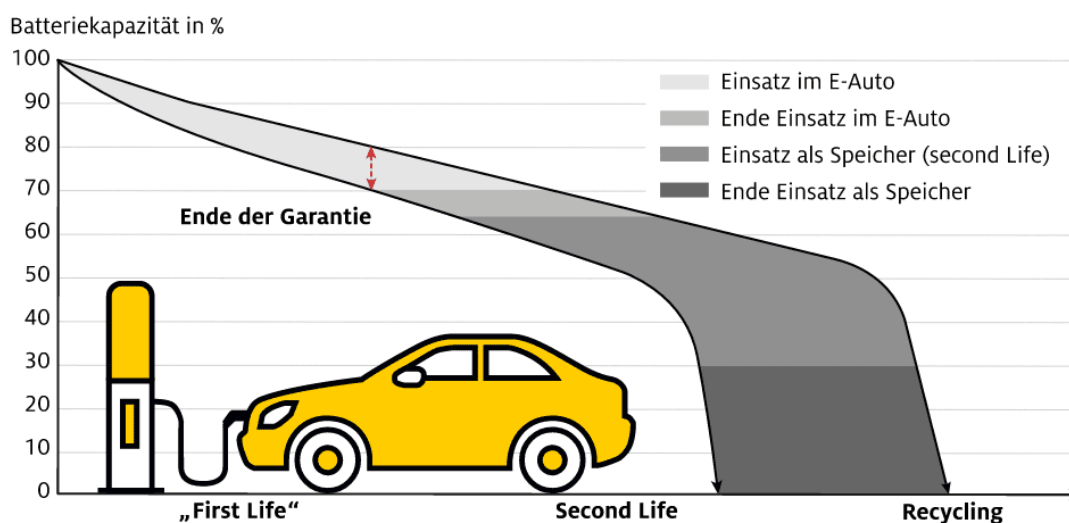
L'elecció per part dels consumidors d'un vehicle elèctric davant d'un de combustió requereix que la recàrrega de les bateries sigui un procés natural, que no compliqui el dia a dia. La tecnologia ja permet desenvolupar bateries d'alta capacitat i punts de recàrrega d'alta velocitat, però el creixement de les vendes d'aquests vehicles es veu frenada per l'escassa infraestructura de recàrrega i per l'escassa venda de vehicles elèctrics.

A diferència dels altres fabricants, Tesla és l'únic que ofereix una xarxa de recàrrega pròpia. Aquest fabricant ofereix un wallbox per a la recàrrega vinculada que es pot instal·lar en l'habitatge. Aquests proporcionen una potència d'entre 3,7 i 7,3 kW, amb corrent monofàsica, els quals són suficient per oferir una recàrrega completa durant la nit (aproximadament 8 hores). Seguidament, la xarxa també disposa de recàrrega d'oportunitat la qual està situada en centres comercials, hotels o punts d'interès. Aquests ofereixen una potència de fins a 11 kW en corrent altern trifàsica, suficients per poder recuperar gran part de la bateria en unes poques hores. Finalment, estan els Superchargers (super carregadors) aquests presenten una potència d'entre 140 i 250 kW que permeten carregar gairebé tota la bateria en menys d'una hora.

Perquè l'ús del cotxe elèctric sigui còmode i atractiu, les xarxes de recàrrega han d'expandir-se més, ja que aquest és el punt clau per l'estimulació del mercat de vehicles elèctrics. Abans de promocionar aquests, has de convertir l'entorn en un àmbit ideal per a l'ús d'aquests mateixos.

12.5. Com seran reciclats els cotxes elèctrics

Encara que en funció dels anys les bateries d'ió-liti perden capacitat, no vol dir que siguin desaprofitables. I encara després de la seva vida útil com a bateria d'automòbil, encara es poden aprofitar com a emmagatzemador d'energia.



Quelle: ADAC e.V.

©ADAC e.V. 12.2019

Figura 12.6. Gràfic que mostra la capacitat de la bateria en funció dels temps. (Font: ADAC)

En la figura 12.6 es mostra com evoluciona la pèrdua de capacitat de la bateria al llarg de la seva vida útil. Es pot observar que una bateria es considera que la seva vida útil acaba quan la seva capacitat es redueix a un 70%. Amb això es considera que aquesta bateria ja no és apta per continuar funcionant com a bateria d'un vehicle elèctric però, això no implica que no pugui tenir altres aplicacions. Les bateries convencionals tenen entre 1500 i 2500 cicles de càrrega i després la seva capacitat es redueix al 70/80%. Un cop acabada la seva vida útil, es poden utilitzar en règim estacionari.

Una bateria que es fa servir en règim estacionari té a favor que com que no pateix les acceleracions i les recuperacions que té un cotxe, es a dir, treballa més relaxada. El funcionament estacionari és molt més uniforme i la càrrega i la descàrrega són lentes, la qual cosa significa que és molt més còmode per la bateria. Els estudis actuals mostren que una bateria durant la seva segona vida pot durar entre 10 i 12 anys més. Això significa que una bateria d'automòbil produïda pot funcionar fins vint anys abans de ser reciclada.

Un exemple d'empresa que ja ha posat en marxa l'aprofitament de la segona vida de les bateries es BMW. Aquest fabricant fa servir 700 bateries de cotxes elèctrics, que ja han transcorregut la seva vida útil com a bateria de cotxe, per emmagatzemar energia. De forma que emmagatzemen l'energia solar durant el dia i l'energia eòlica, per poder-la aprofitar més tard en funció de la necessitat.

Aquest sistema innovador té molta aplicació de cara als habitatges. Ja que es poden muntar plaques solars fotovoltaïques, i durant el dia emmagatzemar energia acumulada per fer-la servir durant la nit i poder subministrar electricitat d'una forma 100% renovable.

Un cop acabada la vida útil real d'una bateria d'aquesta categoria és important la forma de reciclar-la. Aquestes contenen principalment liti i cobalt. Ambdós són molt valuosos i escassos en el nostre entorn. Per tant, és òptim per al medi ambient el seu reciclatge.

Ara hi ha una sèrie de sistemes que poden reciclar grans quantitats de bateries d'ió-liti. Tanmateix, encara no poden reciclar a l'escala industrial que serà necessària en el futur perquè encara no hi ha prou bateries de cotxes elèctrics a l'espera de ser reciclades. No obstant això, la recuperació més eficient possible dels materials és el requisit previ per a l'esforç de rendibilitat econòmica i ecològica.

La situació legal actual diu que els requisits d'eficiència de reciclatge ha de ser del 50%, el qual és massa baix (Llei de bateries de 2009). Aquest 50% gairebé es pot aconseguir traient la carcassa que és feta d'alumini, acer i plàstics. Però l'important és recuperar les matèries primeres que estan a dins.^[55]

- **Projectes per desenvolupar sistemes de reciclatge de les bateries:**

Actualment, el Ministeri Federal d'Economia està estudiant desenvolupar sistemes de reciclatge que compleixin aquest requisit. Es preveu que la planta pilot planificada processi 25.000 tones de bateries de vehicles elèctrics a l'any. No obstant això, es trigarà de dos a tres anys com a molt aviat a determinar qui instal·larà i operarà la instal·lació.

El sistema de l'empresa belga Umicore està en funcionament. Les bateries dels cotxes de Fórmula E utilitzades el 2015 i el 2016 actualment s'estan reciclant aquí. L'empresa destaca que la manera de desmuntar la bateria no compromet el medi ambient de gut a les substàncies nocives i que l'aliatge metàl·lic obtingut es pot reutilitzar de nou per a les bateries.

Els fabricants d'automòbils com Audi o BMW també estan treballant amb Umicore. Aquestes associacions tenen com a objectiu recuperar el 95% de les matèries primeres valuoses. A més, segons Audi, cal obtenir informació sobre la puresa del material reciclat. La capacitat anual de reciclatge d'Umicore de bateries usades de vehicles elèctrics és d'unes 7.000 tones. Suposant un pes de la bateria de 300 kg, això són unes 23.000 bateries.^[55]

Però el reciclatge de bateries no implica només liti, cobalt o grafit, sinó també electrolits líquids i molt més. L'empresa Duesenfeld resulta haver recorregut un llarg camí en aquest àmbit. Segons aquesta, el nou procés de reciclatge ja no produeix compostos tòxics de fluor com el mètode anterior. A més, l'energia del procés necessària per al reciclatge de Duesenfeld es redueix en un 40%, la qual cosa també suposarà una reducció del 40% del diòxid de carboni.

Per tal d'aconseguir la taxa de recuperació més alta possible en el reciclatge futur, s'està plantejant un procés en diversos passos. Començar amb el desmuntatge manual de les bateries, seguit d'una classificació dels materials, la trituració i la fusió tèrmica d'aquests i finalment la separació del material. Actualment tot i que la majoria dels materials de la bateria ja es poden recuperar, alguns dels passos del procés segueixen consumint massa energia i són massa cars per poder ser implementats a gran escala.

Actualment, l'empresa Hydrovolt situada a Fredrikstad, Noruega ha obert la planta amb la capacitat de reciclatge més gran de bateries de cotxes elèctrics d'Europa. És capaç de processar 12.000 tones de bateries per any que això significa unes 25.000 bateries per any. Aquesta empresa és capaç de recuperar el 95% dels materials de les bateries. Entre aquests materials està l'així anomenada massa negra que conté metalls de níquel, magnesi, cobalt i liti. El fet de recuperar aquests materials redueix la dependència minera, el qual punt és essencial per reduir els costos i augmentar la producció de bateries. L'empresa té l'esperança de poder reciclar fins a 300.000 tones de bateries. ^[28]

13. Tendències de futur

L'automoció ha recorregut un llarg trajecte des de la seva primera aparició fins al dia d'avui. Els avenços tecnològics són cada cop més ràpids i es reflecteixen directament en l'automoció. Aquest sector incorpora sempre l'última tecnologia més puntera amb la finalitat d'aportar més comoditat, més seguretat, més rendiment o bé més automatització. Així mateix, aquests avenços afavoreixen la reducció de consum i estan classificats en les sigles CASE i CASE 2.0 que s'expliquen en aquest apartat.

13.1. CASE

Les sigles CASE venen de l'anglès i signifiquen: conected, autonomus, shared & electric. Això traduït significa: connectat, autònom, compartit i elèctric.

13.1.1. Connectat

Es tracta de què el vehicle estigui connectat amb el seu entorn des de: les diferents parts que el formen, amb altres cotxes, les senyals de regulació del trànsit, els dispositius de les altres persones, etc. La finalitat és informar de l'entorn, augmentar la seguretat, facilitar l'assistència a la carretera, incrementar l'eficiència, millorar la navegació i agilitzar els pagaments.

La connectivitat es pot dividir en 3 subgrups:

V2V (Vehicle to vehicle) vehicle a vehicle.

V2I (Vehicle to infrastructure) vehicle cap a la infraestructura.

V2X (Vehicle to overall environment) vehicle cap a tot l'entorn.

Alguns exemples són poder pagar el pàrquing, el repostatge o bé la recàrrega del cotxe directament des del vehicle mateix sense tenir la necessitat d'utilitzar qualsevol altre medi.

13.1.2. Autònom

Des de la primera aparició dels vehicles, aquests han estat en constant evolució, cada cop més segurs, més ràpids i dissenyats per a una gran varietat de funcions. En tots aquests anys, però, hi ha una cosa que es va mantenir sense canvis: el paper del conductor. La feina complexa del conductor humà és supervisar el medi ambient, prendre decisions adequades, controlar el vehicle, accelerar, frenar i dirigir. Mentre que el paper de l'ésser humà en la conducció del vehicle es va mantenir constant durant molts anys, hi ha senyals que això podria canviar a mesura que comencem a preveure un futur amb

cotxes sense conductor. Sistemes que posseeixen els vehicles que són precursors de l'automatització són, per exemple: les tecnologies d'assistència al conductor com ara el control de creuer adaptatiu (ACC) i el d'assistència per mantenir el carril.

A mesura que aquestes tecnologies milloren, n'apareixen més, el paper del conductor és més i més relegat a un paper secundari. No obstant això, avui el conductor continua sent responsable per vigilar el medi ambient en tot moment, i el sistema només duu a terme poques tasques de control en situacions concretes. D'acord amb la Societat d'Enginyers d'Automoció (SAE) estàndard d'automatització del vehicle, correspon al nivell 2 de conducció automatitzada. Hi ha sis nivells d'automatització, des de cap automatització (nivell 0) fins a una automatització total (nivell 5).

Un vehicle autònom és capaç de reconèixer l'entorn i operar sense la intervenció de l'ésser humà. Això és possible gràcies a una gran varietat de sensors, radars, càmeres, GPS prèviament incorporats. Tota la informació que rep és processada per un software que permet reconèixer objectes i l'entorn.

Aquí també entra en relació el concepte de machine learning. Prové de l'anglès i significa màquina que aprèn. És un concepte molt innovador, és pràcticament impossible programar un turisme de forma que pugui circular de forma autònoma en qualsevol medi. Per això s'incorpora aquest terme que bàsicament el que defineix és que el vehicle pugui recopilar informació i aprendre de totes les situacions que apareixen per després poder buscar similituds en futures escenes i reaccionar de la forma més adequada possible.

Actualment, la SAE (*Society of Automotive Engineers*) ha classificat els diferents nivells d'automatització dels vehicles en:



Figura 13.1 Classificació dels diferents nivells d'automatització. (Font: SAE)

Nivell - 0 (cap mena d'automatització): el cotxe no posseeix cap mena de sistema automatitzat. El cotxe es limita a avisar i assistir de forma momentània com, per exemple, el servofrè.

Nivell - 1 (assistència a la conducció): posseeix alguns sistemes per assistir al conductor. El cotxe dona certa ajuda per girar, frenar o accelerar. Alguns exemples són: mantenir la velocitat, seguiment dels carrils i avisar en cas de sobrepassar-lo.

Nivell - 2 (semiautònoma): posseeix certs sistemes per assistir el conductor. En aquest cas el vehicle és capaç de combinar: frenar, girar i accelerar. Alguns exemples són: centratge dins del carril i control adaptatiu de creuer.

Nivell - 3 (Conducció autònoma condicional): el vehicle pot conduir de forma autònoma sota certes condicions. I només ho farà quan es compleixin totes, si és així el conductor podrà prescindir de controlar el vehicle. En cas que alguna condició no es compleixi, es demanarà al conductor de reprendre el control. Alguns exemples són: conducció autònoma en embussos.

Nivell - 4 (alt nivell d'autonomia): El vehicle pot conduir de forma autònoma sota certes condicions. Si és així, en aquest nivell d'autonomia el conductor no se'l demanarà de reprendre el control. Alguns exemples són: taxis autònoms locals.

Nivell - 5 (autonomia total): En aquest cas el vehicle pot conduir de forma completament autònoma en qualsevol circumstància. No és demanarà al conductor de reprendre el control.

13.1.3. Compartit

La idea és que els vehicles siguin d'ús compartit, i que cada persona faci ús del vehicle només quan es necessiti i pagui només per l'interval de temps que es fa servir. El fet de tenir un mitjà de transport propi cada cop serà menys freqüent. Aquesta idea ja s'està implementant. A Barcelona es veu amb el Bicing, que és un sistema per utilitzar bicicletes d'ús compartit. També Ecootra, Movo, Yego, Aaciona, entre altres, que són companyies per l'ús compartit de motocicletes elèctriques. Aquests són sistemes ja incorporats que estan tenint molt d'èxit. Això a poc a poc s'anirà estenent als turismes també. És cert que ja hi ha companyies que ho estan implementant, però encara no està prou agilitzat.

13.1.4. Elèctric

Aquests seran elèctrics, ja que és la forma de mobilitat del futur. Tots els conceptes esmentats anteriorment no acaben de tenir sentit sense que es compleixi aquest.

13.2. CASE 2.0

CASE 2.0 (Cost-effective, accessible, safe & Environmentally friendly). Traduït al català: Cost efectiu, accessible, segur i curós amb el medi ambient.

13.2.1. Cost efectiu

Aquí la base està que per exemple si una persona compra un cotxe i el fa servir poc aquest no té un cost efectiu perquè no s'està amortitzant prou. Si aquest cotxe transporta diàriament la màxima

capacitat de persones que pot transportar i està el mínim temps possible parat aleshores té un cost efectiu. Com més persones siguin transportades el cost per unitat es redueix.

13.2.2. Accessible

Perquè els cotxes siguin compartits i optimitzar el seu ús, aquests han de ser accessibles i a l'abast de tothom. Per aquesta raó s'ha de modificar la infraestructura, ja que les ciutats europees no estan prou adaptades per a facilitar aquest fet. S'han d'habilitar llocs on aquests vehicles estaran dipositats i els ciutadans en podran fer ús i també habilitar altres zones on es podrà produir l'aparcament.

13.2.3. Segur

Un dels factors més importants pels quals es vol implementar el cotxe autònom és la seguretat. És una de les formes més eficients per reduir considerablement els accidents. Ja que la precisió i eficiència que poden aportar els robots no és comparable amb la de l'esser humà.

13.2.4. Curós amb el medi ambient

Una de les missions més importants també és reduir al màxim les emissions, l'electrificació és una de les formes i s'està convertint en una realitat. Un altre factor que ajuda notablement és la reducció d'emissions en la fabricació de cotxes. És a dir, actualment hi ha gent que posseeix un cotxe propi i molts cops és per un ús unipersonal. Si aquest cotxe en comptes de només transportar a aquesta persona pogués transportar a vàries, o bé és pogués fer servir per vàries persones les emissions per càpita es reduirien. Un vehicle unipersonal passa la majoria de temps parat. Si durant aquest temps aquest circula, la petjada de carboni es redueix. Això només funciona amb els vehicles elèctrics, ja que són els únics que contaminen menys com més es fan servir, parlant en termes globals de la seva vida útil.

L'automatització dels vehicles, automàticament comporta una reducció del consum. Això és degut a una conducció optimitzada, per exemple:

- Conducció de forma més òptima i eficient possible. (buscar el punt de conducció més constant evitant parades per complet, adaptant prèviament la velocitat).
- Elecció de la ruta més eficient per arribar a la destinació desitjada. (escollint així les rutes amb menys desnivells i menys trànsit.)
- Menys ralenti
- Assistència d'aparcament, aparcament optimitzant reduint les maniobres i les voltes necessàries per trobar aparcament (gràcies a la connectivitat V2V i V2I).

- Reducció dels encesos en fred. Seria possible en compartir el vehicle.
- El concepte que ve de l'anglès: platooning.

Aquest concepte fa referència a una forma de conducció autònoma que es basa en crear grups de cotxes que condueixen junts un darrere l'altre amb molt poca distància entre ells. Els beneficis principals són:

- Reducció del consum degut a una menor resistència aerodinàmica, ja que es redueix la distància i la necessitat d'accelerar i desaccelerar per mantenir el flux del trànsit.
- Reducció de l'ocupació d'espai en la via pública.
- Reducció d'embussos.
- Els vehicles que segueixen la fila només han d'ocupar-se de seguir el de davant.
- Disminució d'accidents.

Tot això és possible a partir d'un cert nivell d'automatització i connectivitat (V2V).

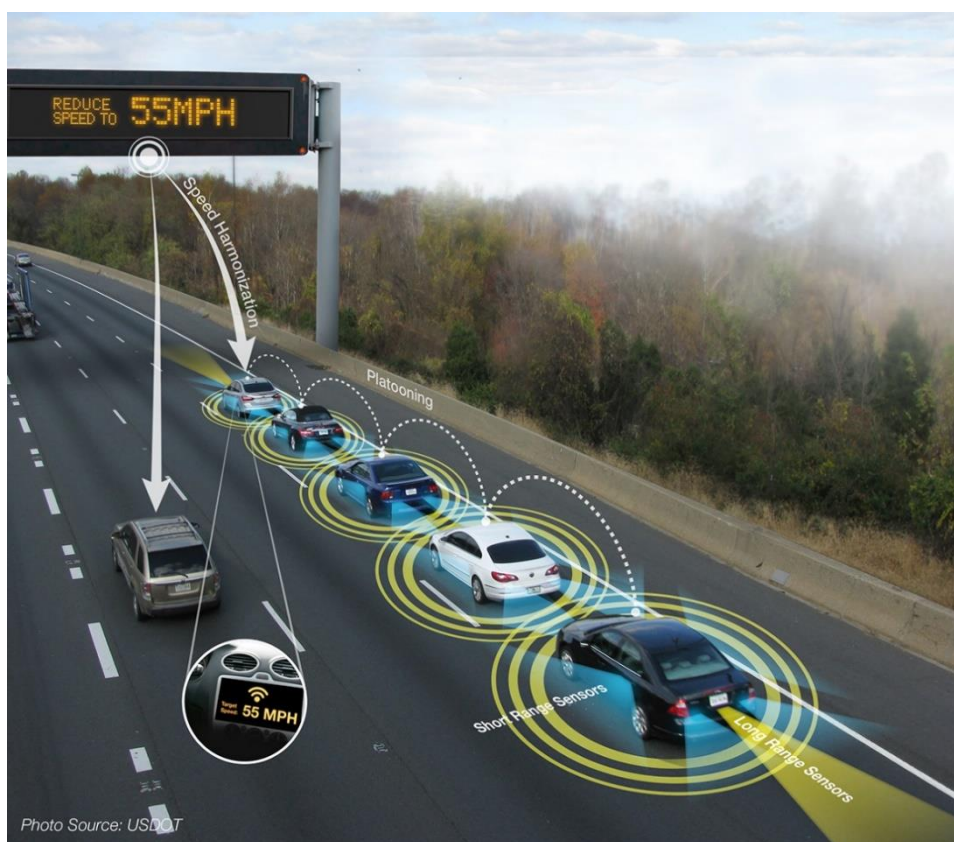


Figura 13.2. Foto explicativa de com funciona el mètode de platooning. (Font: USDOT)

El factor més gran que intervé a l'hora de reduir el consum és la velocitat. En la figura 13.3 es pot veure una gràfica que mostra com incrementa la resistència aerodinàmica i de rodament en kW, en funció de la velocitat. Es pot apreciar que fins a 100 km/h les dues es mantenen bastant baixes. Però sobretot la resistència aerodinàmica creix exponencialment a partir dels 100 km/h aproximadament. Per això l'aerodinàmica és un factor determinant en el consum d'un vehicle sobretot quan es condueix a altes velocitats com a la autopista. Però de la mateixa manera no es un factor determinant quan es circula per ciutat, ja que les velocitats son entre 30 i 50 km/h.

Per aquest motiu també el concepte de platooning té molt de sentit, ja que el fet de poder reduir aquesta resistència té una repercussió directa sobre el consum.

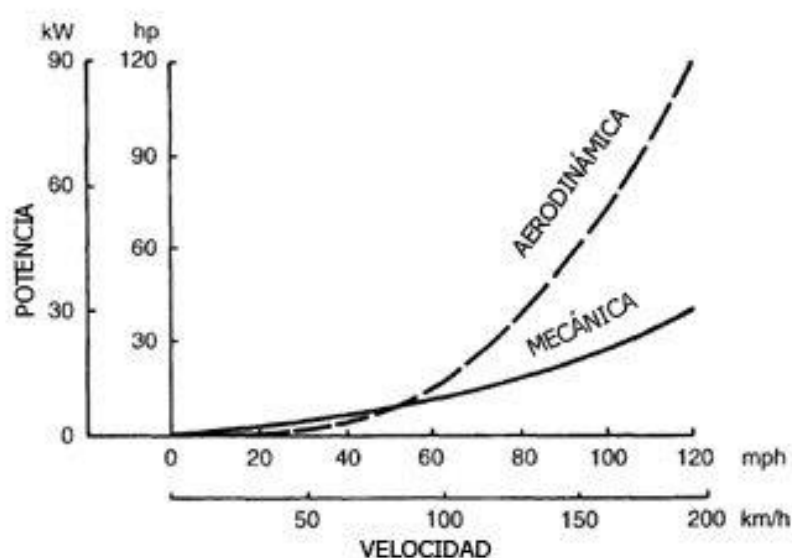


Figura 13.3. Gràfica que mostra la resistència aerodinàmica en funció de la velocitat. (Font: Ingelibre)

Els diferents mètodes de reducció de consum tenen diferents impactes sobre l'estalvi total de combustible. Varia en funció de si s'aplica a vehicles destinats al transport de passatgers o de mercaderies. Així també, si aquest mètode es aplicat a recorreguts per autopista o per ciutat. En la taula 13.1 es poden apreciar els diferents percentatges d'estalvi per a cada mètode tipus de vehicle i àmbit.

Taula amb els percentatges de reducció de combustible:

Mètode	Percentatge d'estalvi	Descripció
Conducció ecològica	Vehicle de passatgers: 0 - 10%	Automatització parcial, autopistes i ciutat en hores puntes.
	Vehicle de passatgers: 0 - 20%	Automatització completa: autopistes en hora punta.
	Vehicle de passatgers: 0 - 23%	Automatització completa: ciutat en hora punta.
Ruta eficient	Vehicle de passatgers: 0 - 5%	Elecció de la ruta més eficient en funció del vehicle. (varia en funció de si es elèctric o de combustió).
Assistència d'aparcament	Vehicle de passatgers: 0 - 2%	Evitar recórrer llargues distàncies en buscar un aparcament.
Platooning	Vehicle de passatgers: >50%	Disminuint distància entre vehicles en autopistes així reduint la resistència aerodinàmica. Ja que a partir de 100 km/h la resistència aerodinàmica creix exponencialment.
	Vehicle Comercial: 9 - 11%	Camions de 16 m de longitud, a 90 km/h amb distàncies entre ells de 3 – 10 m.
	Vehicle Comercial: 15 - 30%	Mateixes condicions, reduint la distància a 8 m.

Taula 13.1. Taula comparativa dels diferents mètodes de reducció de consum. (Font: Pròpia)

14. Anàlisi de l'impacte mediambiental

Al tractar-se d'un treball principalment teòric l'impacte mediambiental es resumeix en el total de kWh consumits per l'ordinador i els trajectes realitzats per poder elaborar la part pràctica. Les emissions de CO₂ que ha comportat aquest treball són les següents:

Activitat part teòrica	Temps (h)	Consum/hora	Emissions de CO ₂ per kWh	Total d'emissions (kg)
Ús d'ordinador	610	0,38	0,485*	112,423

Activitat part pràctica	Volum consumit (L)	Emissions de CO ₂ per L	Total d'emissions en (kg)
Ús del cotxe de combustió	21,7	2,32	50,344
Ús del cotxe elèctric	34	0,485	16,49
		Total part pràctica	66,834
		Total del treball	179,257

Taula 14. Taula amb el total d'emissions de CO₂ del treball. (Font: Pròpia)

*Com el TFG ha sigut redactat plenament des de Alemanya, he utilitzat el mix elèctric alemany.

A partir dels càlculs que es poden observar en la taula 14, es pot observar que el total de emissions de CO₂ que s'han emès en l'elaboració del treball és d'aproximadament 180 kg.

Com a curiositat: si aquest treball s'hagués escrit a Suècia, gràcies al seu baix mix energètic de 57 g per kWh produït, la petjada de carboni hauria estat de 65,5 kg. Obtenint així un estalvi d'aproximadament 115 kg. És a dir, a Suècia aquest treball hauria produït tres vegades menys diòxid de carboni.

Conclusions

Aquest treball ha nascut amb la intenció de mostrar la cara verdadera que s'amaga darrere l'electrificació. Des del punt de vista tecnològic, el canvi al motor elèctric és considerablement millor, ja que té una eficiència d'aproximadament el 100% si la comparem amb un de combustió, que oscil·la entre el 20 i 30%. Això vol dir que el 70% del combustible cremat no proporciona moviment, aquesta energia es perd en forma de calor.

A part de l'eficiència, el vehicle elèctric proporciona més confort a l'hora de conduir, menys contaminació acústica, menys manteniment i no emet gasos altament nocius per a la salut dels essers vius com: NO_x, CO, HC. Els factors limitants són l'autonomia, la infraestructura, la fabricació de les bateries (incloent-hi l'obtenció de la matèria primera) i el seu reciclatge.

Per poder mostrar la realitat respecte a les emissions totals emeses al final de la vida útil d'un vehicle, he fet una comparativa entre un vehicle convencional dièsel, un estàndard elèctric, i un híbrid endollable. Els resultats han estat clars en comparar el vehicle de combustió i l'elèctric: l'elèctric al final de la seva vida útil presenta un avantatge notable en quant al total d'emissions de CO₂. En el cas de l'híbrid endollable, s'ha vist que depenent d'en quin país és conduït, no mostra cap avantatge respecte al vehicle estàndard de combustió interna.

Per una banda, el mix energètic del país on és conduït un vehicle, és un factor significatiu que influeix directament sobre la petjada de carboni del vehicle. Molt abans de millorar l'eficiència del cotxe, la seva aerodinàmica o bé el seu pes per tal de reduir el consum, el factor determinant que realment marca la diferència és com s'obté l'energia elèctrica. He pogut observar que en funció d'on es condueix un vehicle elèctric, les emissions al final de la seva vida útil poden arribar a duplicar-se. Traduït a tones, vol dir que es poden estar emetent aproximadament 15 tones més de CO₂ per cotxe elèctric, en funció del país on és conduït.

Dit això, queda clar que s'està posant molta èmfasi en el canvi de motorització, sense progressar adequadament cap a l'energia renovable per tal de baixar al màxim les emissions de diòxid de carboni. Aquest progrés no només afavoriria una reducció de les emissions totals que emet un cotxe al ser recarregat, sinó també de les emissions totals vinculades a tota l'electricitat consumida per càpita. Un cop s'hagi complert aquest pas, es podrà veure un canvi realment significatiu en quant a la contaminació global.

Per l'altra banda, un altre tema important al parlar de l'electrificació són les bateries. No es pot fer el pas del canvi de motorització sense haver aconseguit un percentatge de reciclatge de les bateries prou alt, per tal de reduir l'explotació minera al màxim. A més a més, s'ha de fer un canvi de tecnologia per

minimitzar l'ús de material per produir cada bateria, ja que el material és finit en el nostre planeta Terra, i simultàniament s'augmenta la capacitat de la bateria, reduint encara més el pes.

Vull concloure que el canvi a l'electrificació, a part de ser ja un fet, és també una necessitat. Però perquè aquest canvi tingui sentit, hi ha un seguit de factors que s'han de complir prèviament, com l'obtenció d'un mix energètic baix en emissions de CO₂ i només llavors es podrà extreure el màxim rendiment d'aquest progrés. Si es fa de forma errònia, podria tenir impactes mediambientals i ecològics greus.

Pressupost i/o Anàlisi Econòmica

Per poder elaborar el pressupost d'aquest treball s'han tingut en compte el total d'hores destinades a la recerca mes el total dedicat a la redacció. Seguidament, s'afegeixen els costos dels trajectes realitzats per tal de fer l'anàlisi de la part pràctica, tot queda resumit en la taula 15.

Activitats	Temps (h)	Preu hora(€/h)	Total
Recopilació d'informació	340	8	2720
Redacció d'apartats genèrics	24	45	1080
Prefaci	5	45	225
Introducció	6	45	270
Marc històric	8	45	360
Contaminació de l'aire	12	45	540
Alternatives actuals als motors de combustió	16	45	720
Combustibles alternatius	22	45	990
Compensació de les emissions	14	45	630
Localització de les emissions	5	45	225
BIW	18	45	810
Bateries	17	45	765
Assaig de comparació entre un vehicle elèctric compacte i un dièsel	56	45	2520
Anàlisi d'un possible escenari alternatiu de substitució dels cotxes de combustió interna per elèctrics	38	45	1710
Tendències de futur	15	45	675
Anàlisi de l'impacte mediambiental	4	45	180
Pressupost	2	45	90
Annex	5	45	225
			14735
Activitat	Quantitat (u)	Preu/unitat (€/u)	Total
Trajectes recorreguts per l'assaig (vehicle de combustió)	21,7	1,95	42,315
Trajectes recorreguts per l'assaig (vehicle elèctric)	30	0,32	9,6
			51,915
	Total		14786,92

Taula 15. Taula amb el pressupost total del treball. (Font: Pròpia)

El preu total del treball és de 14786,92 amb IVA inclòs.

Bibliografia

- [1] “• Atmospheric CO2 Concentrations Worldwide 1959-2021 | Statista.” Statista, <https://www.statista.com/statistics/1091926/atmospheric-concentration-of-co2-historic/>. Accessed 25 May 2022.
- [2] “• Global Transport CO2 Emissions Breakdown 2020 | Statista.” Statista, <https://www.statista.com/statistics/1185535/transport-carbon-dioxide-emissions-breakdown/>. Accessed 25 May 2022.
- [3] “7 Gráficas Para Entender La Evolución Del Coche Eléctrico | OVACEN.” OVACEN, OVACEN, 4 Apr. 2019, <http://ovacen.com/evolucion-coche-electrico/>.
- [4] “Aerodinámica En El Vehículo. Resistencia Aerodinámica « Ingelibre.” Ingelibre, <https://www.facebook.com/WordPresscom>, 24 Apr. 2014, <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/04/24/aerodinamica-en-el-vehiculo-resistencia-aerodinamica/>.
- [5] “Alternative Fuels Data Center: Fuel Cell Electric Vehicles.” EERE: Alternative Fuels Data Center Home Page, http://afdc.energy.gov/vehicles/fuel_cell.html. Accessed 25 May 2022.
- [6] “Audi A3 Attraction 2.0 TDI 140 CV S Tronic DPF (2008-2010) | Precio y Ficha Técnica - Km77.Com.” Revista de Coches, Novedades y Pruebas de Coches. Reportajes, Noticias y Artículos Técnicos. - Km77.Com, <http://www.km77.com/coches/audi/a3/2008/3-puertas/attraction/a3-attraction-20-tdi-140-cv-s-tronic-dpf/datos>. Accessed 25 May 2022.
- [7] “Baterias de Níquel-Metal Hidreto - Embarcados.” Embarcados - Sua Fonte de Informações Sobre Sistemas Embarcados, <https://www.facebook.com/osembarcados>, 12 Jan. 2021, <https://www.embarcados.com.br/baterias-de-niquel-metal-hidreto/>.
- [8] “Battery Raw Materials - Where from and Where to? - PMC.” PubMed Central (PMC), <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8390110/>. Accessed 25 May 2022.
- [9] “BMW Says the Range Extender ‘Has No Future’, but Not Necessarily Canceled in the I3.” BMW BLOG, <https://www.facebook.com/bmwblog>, 25 Nov. 2019, <http://www.bmwblog.com/2019/11/25/bmw-says-the-range-extender-has-no-future-but-not-necessarily-canceled-in-the-i3>.

- [10] “Batería de Coches Eléctricos: Todo Lo Que Necesitas Saber.” Blog De Camino..., https://decamino.firststop.es/blog/bateria-de-coches-electricos-todo-lo-que-necesitas-saber?gclid=Cj0KCQjwyMiTBhDKARIsAAJ9VtuDEsBzx3Y0aRsza3hIYH37ONlc5PutQ6odyCVJCeCCGGZgVufvwaAonqEALw_wcB. Accessed 25 May 2022.
- [11] Campos, Alba Martín. “Los Datos Falsos Sobre Las Emisiones de CO2 En Alemania Que Da Francisco J. Contreras | Newtral.” Newtral, <https://www.facebook.com/NewtralMedia/>, <http://www.newtral.es/factcheck-francisco-jose-contreras-emisiones-co2-alemania-francia-20200918/20200919/>. Accessed 25 May 2022.
- [12] Elgowainy, Amgad. Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles (Encyclopedia of Sustainability Science and Technology Series). Springer.
- [13] “CO2-Emissionen Autoproduktion.” Carbon-Connect AG – Umweltschutz Und Klimaschutz, CO2 Ausgleich, <http://www.carbon-connect.ch/de/co2-emissionen-autoproduktion/>. Accessed 25 May 2022.
- [14] “CASE 2.0: A New Framework for The Future of Cars - Plug and Play Tech Center.” Plug and Play Tech Center, <https://www.plugandplaytechcenter.com/resources/case-new-framework-future-cars/>. Accessed 25 May 2022.
- [15] “CO2 Emissions per Kilowatt Hour of Electricity in Further Decline in 2019 | Umweltbundesamt.” Umweltbundesamt, <http://www.umweltbundesamt.de/en/press/pressinformation/co2-emissions-per-kilowatt-hour-of-electricity-in>. Accessed 25 May 2022.
- [16] “CO2-Bilanz: Wie Umweltfreundlich Sind E-Autos Wirklich? - AUTO BILD.” AutobilD.De, <https://www.autobild.de/artikel/e-auto-umwelt-co2-bilanz-ausstoss-rucksack-batterieherstellung-3729677.html>. Accessed 25 May 2022.
- [17] “CO2-Rechner - Überblick Und Rechner Für Den CO2-Ausstoß von Autos - EFAHRER.Com.” EFAHRER.Com: Ihre 1. Adresse Für E-Autos, E-Bikes & Solar - EFAHRER.Com, <http://efahrer.chip.de/co2rechner>. Accessed 25 May 2022.
- [18] “CO₂ and Greenhouse Gas Emissions - Our World in Data.” Our World in Data, <http://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>. Accessed 25 May 2022.
- [19] “¿Cómo Reciclar Una Batería de Auto?” Derco Chile - Derco.Cl, <https://www.derco.cl/mueveteconsciente/como-reciclar-una-bateria-de-auto>. Accessed 25 May 2022.

[20] “Comparamos La Huella de Carbono de Un Coche de Gasolina y Un Eléctrico.” Diariomotor, <http://www.diariomotor.com/reportajes/huella-carbono-emite-co2-gasolina-electrico/>. Accessed 25 May 2022.

[21] Contributors to Wikimedia projects. “Cetane Number - Wikipedia.” Wikipedia, the Free Encyclopedia, Wikimedia Foundation, Inc., 25 Aug. 2004, https://en.wikipedia.org/wiki/Cetane_number.

[22] “Platoon (Automobile) - Wikipedia.” Wikipedia, the Free Encyclopedia, Wikimedia Foundation, Inc., 23 Jan. 2003, [http://en.wikipedia.org/wiki/Platoon_\(automobile\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Platoon_(automobile)).

[23] “¿Cuánto Contamina Extraer Petróleo y Convertirlo En Gasolina o Diésel? | Forococheselectricos.” Forococheselectricos, <https://www.facebook.com/Forococheselectricos-219443094742782/>, 17 Feb. 2020, <http://forococheselectricos.com/2020/02/cuanto-contamina-extraer-petroleo-y-convertirlo-en-gasolina-o-diesel.html>.

[24] “¿Cuántos Kilómetros Tienes Que Recorrer Con Un Coche Eléctrico Para Compensar Sus Emisiones de CO2?” Emilio J. Fernández Rey, <https://www.facebook.com/emiliojfrey>, 25 Apr. 2020, <http://emiliojfrey.com/2020/04/25/cuantos-kilometros-tienes-que-recorrer-con-un-coche-electrico-para-compensar-sus-emisiones-de-co2/>.

[25] Díaz, Jesús. “Fabricar Un Coche Eléctrico Contamina Un 70% Más Que Uno de Gasolina.” Elconfidencial.Com, El Confidencial, 23 Nov. 2021, http://www.elconfidencial.com/tecnologia/novaceno/2021-11-23/coche-electrico-co2-contaminacion-gasolina_3329281/.

[26] “E-Auto: Rohstoffe Der Elektroautos Für Batterien Und Ihre Ursprungsorte.” RND.De, RedaktionsNetzwerk Deutschland, <https://www.rnd.de/e-mobility/e-auto-rohstoffe-der-elektroautos-fuer-batterien-und-ihre-ursprungsorte-G6F42U3WZVB6BKJTYCC3BJKHQI.html>. Accessed 25 May 2022.

[27] “El ‘Estudio’ Que Afirma Que Los Coches Eléctricos Emiten Más CO2 Que Los Diésel Sólo Se Aplica a Alemania y No Está Publicado En Ninguna Revista Científica · Maldita.Es - 22 Sept. 2021, <https://maldita.es/malditaciencia/20210922/el-estudio-que-afirma-que-los-coches-electricos-emiten-mas-co2-que-los-diesel-solo-se-aplica-a-alemania-y-no-esta-publicado-en-ninguna-revista-cientifica/>.

[28] Eléctricos, Híbridos. “La Mayor Planta de Reciclaje de Baterías de La Unión Europea Ya Está En Marcha - Actualidad - Híbridos y Eléctricos | Coches Eléctricos, Híbridos Enchufables.” Híbridos y Eléctricos, <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/mayor-planta-reciclaje-baterias->

europa-northvolt-hydro-esta-marcha/20220517101714057974.amp.html#aoh=16532159501067&csi=0&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com&_tf=De%20%251%24s. Accessed 25 May 2022.

[29] “Elektrofahrzeuge Mit Bester CO2-Bilanz | Volkswagen Newsroom.” Volkswagen Newsroom, <http://www.volkswagen-newsroom.com/de/pressemittelungen/elektrofahrzeuge-mit-bester-co2-bilanz-4886>. Accessed 25 May 2022.

[30] Energía, Alcanzia. “Historia Del Vehículo Eléctrico | Alcanzia.” Alcanzia: Ahorra Con Las Mejores Tarifas de Luz y Gas, <http://alcanzia.es/movilidad/historia-vehiculo-electrico/>. Accessed 22 May 2022.

[31] “Energies | Free Full-Text | A Review of Lithium-Ion Battery Fire Suppression | HTML.” MDPI, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/19/5117/htm>. Accessed 25 May 2022.

[32] “Especial: La Historia de Los Coches Eléctricos | Forococheselectricos.” Forococheselectricos, <https://www.facebook.com/Forococheselectricos-219443094742782/>, 13 Nov. 2021, <http://forococheselectricos.com/2021/11/especial-la-historia-de-los-coches-electricos.html>.

[34] “FAQ 1.3 - AR4 WGI Chapter 1: Historical Overview of Climate Change Science.” IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-1-3.html. Accessed 25 May 2022.

[35] Ferrari, Juan. “No Todos Los Fabricantes Contaminan Lo Mismo: Sepa Cuánto Emiten Los Coches Que Vendió Cada Marca El Año Pasado - Ecomotor.Es.” Líder En Noticias de Economía, Bolsa y Finanzas. - ElEconomista.Es, elEconomista, 24 Jan. 2020, <http://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/10318820/01/20/No-todos-los-fabricantes-de-automoviles-contaminan-lo-mismo-sepa-cuanto-emiten-los-coches-que-vendio-cada-marca-el-ano-pasado-.html>.

[36] Fuentes, Victoria. “Un Pasaporte Digital ‘desnudará’ Las Baterías de Coches Eléctricos, y Será Obligatorio En La UE a Partir de 2026.” Motorpasión - Coches y Actualidad Del Motor. Vehículos, Marcas y Modelos, Motorpasión, 27 Apr. 2022, <https://www.motorpasion.com/futuro-movimiento/pasaporte-digital-desnudara-baterias-coches-electricos-sera-obligatorio-ue-a-partir-2026>.

[37] García, Gonzalo. “¿Dónde y Quién Fabrica Las Baterías de Los Vehículos Eléctricos? - Actualidad - Híbridos y Eléctricos | Coches Eléctricos, Híbridos Enchufables.” Híbridos y Eléctricos, Híbridos y Eléctricos, 28 June 2020, <http://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/donde-quien-fabrica-baterias-coches-electricos/20200626204851036232.html>.

[38] “Las Celdas de Electrolito Sólido y 16 Capas de QuantumScape Soportan 500 Ciclos de Carga y Descarga - Tecnología - Híbridos y Eléctricos | Coches Eléctricos, Híbridos Enchufables.” Híbridos y Eléctricos, Híbridos y Eléctricos, 27 Apr. 2022, <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/celdas-electrolito-solido-16-capas-quantumscape-soportan-500-ciclos-carga-descarga/20220427105336057205.html>.

[39] “Google Maps.” Porschestraße 911 to Denzenbergstraße 20, <http://www.google.es/maps/dir/Porschestra%C3%9Fe+911,+Weissach,+Alemania/Denzenbergstra%C3%9Fe+20,+72074+T%C3%BCbingen,+Alemania/@48.6911595,8.9255892,10.7z/data=!4m1!5!1m1!1s0x47976357b05c4927:0x5c733e38ef95ad1e!2m2!1d8.900906!2d48.851311!1m5!1m1!1s0x4799e530bb721943:0xe5c42104e112a8ce!2m2!1d9.0701631!2d48.5318501!2m1!1b1!3e0>. Accessed 25 May 2022.

[40] Harloff, Thomas. “Synthetische Kraftstoffe: Porsche Steigt Tiefer Ins Business Mit E-Fuels Ein | AUTO MOTOR UND SPORT.” Auto Motor Und Sport, auto motor und sport, 7 Apr. 2022, <http://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/alternative-antriebe/synthetische-kraftstoffe-porsche-intensiviert-e-fuel-forschung/>.

[41] “How Much CO2 Can Electric Cars Really Save?” Transport & Environment, 20 Apr. 2020, <http://www.transportenvironment.org/discover/how-clean-are-electric-cars/>.

[42] “Hybrid & Batterie Elektrofahrzeuge HEV, PHEV, FCEV, BEV.” Das WeltAuto. Auto Occasionen Mit Garantierter Qualität Kaufen, <http://www.dasweltauto.ch/de/aktuelles/elektrofahrzeuge-kennen-sie-alle-typen.html>. Accessed 22 May 2022.

[43] “Kraftfahrt-Bundesamt - Fahrzeugbestand.” Kraftfahrt-Bundesamt - Startseite, https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/Fahrzeugbestand/fahrzeugbestand_node.html. Accessed 25 May 2022.

[44] “La Solución Que Permitirá Seguir Vendiendo Diésel y Gasolina En 2035, El Proyecto Haru Oni | Diariomotor.” Diariomotor, <https://www.diariomotor.com/energia-sostenibilidad/solucion-diesel-gasolina-2035-combustibles-sinteticos-haru-oni/>. Accessed 25 May 2022.

[45] Luque, Jose Carlos. “El 88% de Los Componentes Del Automóvil Es Reciclable.” Car and Driver, Car and Driver, 23 July 2013, <https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/a7300/el-88-de-los-componentes-del-automovil-es-reciclable/>.

[46] Martín, Esther. “Este Mapa Muestra Los Planes Europeos Para Fabricar Baterías Para Coches Eléctricos, Con Alemania y Noruega a La Cabeza.” Motorpasion - Coches y Actualidad Del Motor. Vehículos, Marcas y Modelos, Motorpasion, 30 Sept. 2021, <http://www.motorpasion.com/futuro->

movimiento/este-mapa-muestra-planes-europeos-para-fabricar-baterias-para-coches-electricos-alemania-noruega-cabeza.

[47] “Este Mapa Muestra Los Planes Europeos Para Fabricar Baterías Para Coches Eléctricos, Con Alemania y Noruega a La Cabeza.” Motorpasión - Coches y Actualidad Del Motor. Vehículos, Marcas y Modelos, Motorpasión, 30 Sept. 2021, <http://www.motorpasion.com/futuro-movimiento/este-mapa-muestra-planes-europeos-para-fabricar-baterias-para-coches-electricos-alemania-noruega-cabeza>.

[48] Murias, Daniel. “¿Qué Emite Más CO₂: Un Coche Eléctrico o Un Diésel? Una Pregunta Demasiado Fácil Para Lo Complicada Que Es La Respuesta.” Motorpasión - Coches y Actualidad Del Motor. Vehículos, Marcas y Modelos, Motorpasión, 7 May 2019, <http://www.motorpasion.com/industria/quien-emite-co2-coche-electrico-diesel-pregunta-demasiado-facil-para-complicada-que-respuesta>.

[49] “¿Qué sucedería si la temperatura aumentase 2 0C? .” Hablando En Vidrio, <https://www.facebook.com/recicla vidrio>, 18 Dec. 2020, <https://hablandoenvidrio.com/aumento-de-la-temperatura-2-grados/>.

[50] Redacción. “¿Cuánto Contamina La Fabricación de Un Coche Eléctrico?” La Vanguardia, La Vanguardia, 7 Dec. 2021, <http://www.lavanguardia.com/motor/actualidad/20211207/7888464/fabricacion-coche-electrico-contamina-mas-gasolina.html>.

[51] “Refinando El Petróleo y Contaminando El Mundo • Ecologistas En Acción.” Ecologistas En Acción, <https://www.facebook.com/Ecologistas.en.Accion>, 1 Nov. 2012, <http://www.ecologistasenaccion.org/11161/refinando-el-petroleo-y-contaminando-el-mundo/>.

[52] “Réplica Del Coche Híbrido “Semper Vivus“ Del Año 1900 - Porsche Museum.” Porsche Museum Press Kit 2019, <https://presskit.porsche.de/museum/es/2019/topic/exhibitions/cars/reconstruction-of-the-semper-vivus-hybrid-car-from-1900.html>. Accessed 25 May 2022.

[53] Porsche Museum Press Kit 2019, <https://presskit.porsche.de/museum/es/2019/topic/exhibitions/cars/reconstruction-of-the-semper-vivus-hybrid-car-from-1900.html>. Accessed 25 May 2022.

[54] Rodríguez, Javier Pérez. “Cómo Influye La Fabricación y El Mantenimiento En La Huella de Carbono de Un Vehículo.” The Conversation, <https://www.facebook.com/TheConversationEspaña/>, 8 Feb. 2022, <http://theconversation.com/como-influye-la-fabricacion-y-el-mantenimiento-en-la-huella-de-carbono-de-un-vehiculo-175370>.

[55] Rudschies, Wolfgang. “Elektroauto: So Funktioniert Das Akku-Recycling | ADAC.” ADAC: Allgemeiner Deutscher Automobil-Club, ADAC, 12 Dec. 2019, <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/elektroauto-akku-recycling/>.

[56] “Sí, El Diésel Contamina Más Que La Gasolina y Contribuye Más al Calentamiento Global · Maldita.Es - Periodismo Para Que No Te La Cuelen.” Maldita.Es — Periodismo Para Que No Te La Cuelen, <https://www.facebook.com/mhemeroteca/>, 26 Sept. 2019, <http://maldita.es/malditobulo/si-el-diesel-contamina-mas-que-la-gasolina-y-contribuye-mas-al-calentamiento-global-2>.

[57] Torre, Alberto. “Hay Tan Poco Litio Que Las Marcas de Coches Eléctricos Ya Se Plantean Minarlo o Importarlo Ellas Mismas.” Xataka - Tecnología y Gadgets, Móviles, Informática, Electrónica, Xataka, 26 Apr. 2022, <https://www.xataka.com/movilidad/hay-poco-litio-que-marcas-coches-electricos-se-plantean-minarlo-importarlo-ellas-mismas>.

[58] “Las Baterías Del Coche Eléctrico Son Demasiado Grandes y Pesadas. Hay Una Solución: Integrarlas En El Chasis.” Xataka - Tecnología y Gadgets, Móviles, Informática, Electrónica, Xataka, 27 Apr. 2022, <https://www.xataka.com/movilidad/baterias-coche-electrico-demasiado-grandes-pesadas-hay-solucion-integrarlas-chasis>.

[59] “Verbrauchs Und Emissionswerte Der Produzierten Modelle Im Jahr 2020 (Stand: 18. März 2021) | Audi MediaCenter.” Audi MediaCenter, <http://www.audi-mediacycenter.com/de/audi-produktion-und-standorte-2021-nachhaltig-und-elektrisch-in-die-zukunft-5702/verbrauchs-und-emissionswerte-der-produzierten-modelle-im-jahr-2020-stand-18-maerz-2021-5711>. Accessed 25 May 2022.

[60] “Volkswagen E-up! (2019-2021) | Precio y Ficha Técnica - Km77.Com.” Revista de Coches, Novedades y Pruebas de Coches. Reportajes, Noticias y Artículos Técnicos. - Km77.Com, <http://www.km77.com/coches/volkswagen/up/2020/5-puertas/e-up/e-up/datos>. Accessed 25 May 2022.

[61] “Was Wäre Eigentlich, Wenn Alle Autos Morgen Elektrisch Fahren Würden? - JÖRG HEYNKES.” JÖRG HEYNKES, 15 May 2021, <https://joergheynek.de/beitrag-2/>.

[62] Wikimedia-Projekte, Autoren. “E-Fuel – Wikipedia.” Wikipedia – Die Freie Enzyklopädie, Wikimedia Foundation, Inc., 2 Feb. 2017, <http://de.wikipedia.org/wiki/E-Fuel>.

[63] “Geschichte Des Elektroautos – Wikipedia.” Wikipedia – Die Freie Enzyklopädie, Wikimedia Foundation, Inc., 30 Dec. 2014, http://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_des_Elektroautos.

[64] “Zulassungszahlen: So Wenige Autos Wurden 2021 in Deutschland Verkauft.” Www.t-Online.De, https://www.t-online.de/auto/neuvorstellungen/id_91427764/zulassungszahlen-so-wenige-autos-wurden-2021-in-deutschland-verkauft.html. Accessed 25 May 2022.

[65] “Designgyan.” DesignGyan, https://designgyan.com/srp457/assets/images/papers/DG_1109161989_body%20in%20white-converted.pdf. Accessed 12 June 2022.

[66] “Google Sites: Sign-In.” Google Sites: Sign-In, <https://sites.google.com/site/-bodyiinwhite/biw-body-in-white>. Accessed 12 June 2022.

[67] Skill-Lync. “BIW Fixture Basics Theory-1 : Skill-Lync.” Skill-Lync, <https://skill-lync.com/student-projects/BIW-Fixture-Basics-Theory-60476>. Accessed 12 June 2022.

Annex A

A1. Visita al museu de Mercedes-Benz a Stuttgart

Durant la meua estada a Alemanya vaig fer una visita al museu de Mercedes-Benz a Stuttgart. En aquest museu tenien una sala destinada a la mobilitat alternativa als motors de combustió convencionals. Entre els vehicles exposats destacaven:

Mercedes-Benz Auto 2000:



Figura A1.1. Mercedes-Benz Auto 2000 (Font: Pròpia)

Aquest vehicle és un prototip de l'any 1981. Aquest en concret té un accionament a través d'un motor de combustió. El combustible que utilitzava és dièsel, amb 150 cv de potència, una velocitat màxima de 150 km/h i una autonomia de 860 km.

Aquest vehicle es va presentar al saló de l'automòbil de Frankfurt del Main l'any 1981. La principal motivació era reduir al màxim el consum de combustible. Per aquesta raó en aquest model es van provar 3 tipus d'accionaments diferents amb certa tecnologia punta per l'època. Es va fer una prova amb un motor V8 de gasolina amb un sistema de desactivació dels cilindres. Un amb un motor V6 dièsel turbo alimentat. I un accionat per una turbina de gas. Pel que fa a la innovació de la carrosseria va ser que es va millorar l'aerodinàmica considerablement, posseïa un coeficient aerodinàmic de 0,28.

Mercedes-Benz NECAR 1:



Figura A1.2. Mercedes-Benz NECAR 1 (Font: Pròpia)

Aquest model és de l'any 1994. Té un motor elèctric amb pila de combustible. Tenia 41 cv, podia arribar a una velocitat de 90 km/h i una autonomia de 130 km.

Aquest va ser el primer model amb pila de combustible que es va presentar. La pila de combustible converteix hidrogen i oxigen en aigua. En aquest procés s'allibera energia elèctrica que acciona un motor elèctric. L'inconvenient és que l'equipament va ocupar tot l'espai dins de la furgoneta.

Mercedes-Benz B-Klasse F-Cell:



Figura A1.3. Mercedes-Benz B-Klasse F-cell (Font: Pròpia)

Aquest model és de l'any 2010. Té un motor elèctric amb pila de combustible. El combustible que utilitzava és hidrogen. Tenia 136 cv, podia arribar a una velocitat de 170 km/h i una autonomia de 400 km.

Aquest va ser el primer model de producció sèrie amb motor elèctric accionat per una pila de combustible que va sortir al mercat. Comptava amb una nova generació de pila de combustible que era compacta, eficient, segura i adequat per l'ús de cada dia. Aquesta pila de combustible generava el corrent necessari per accionar el motor elèctric sense produir gairebé emissions, només aigua.

Mercedes-Benz SLS AMG Coupé Electric Drive:



Figura A1.4. Mercedes-Benz SLS AMG Coupé Electric Drive (Font: Pròpia)

Aquest model és de l'any 2012, comptava amb quatre motors elèctrics (un a cada roda). Aquest és un model elèctric pur. Tenia 750 cv de potència, podia arribar fins a 250 km/h i tenia una autonomia de 250 km.

Amb aquest model la marca va donar pas als superesportius amb emissions zero locals. Aquest comptava amb alta tecnologia de la Fórmula 1, per la qual raó el va fer ser el més exclusiu i dinàmic d'entre tots els cotxes elèctrics de l'època. En el seu moment va ser el cotxe més potent mai produït de la marca, tenia un parell motor de 1000 Nm.

Mercedes-AMG GT Concept:

Figura A1.5. Mercedes-AMG GT Concept (Font: Pròpia)

Aquest model és de l'any 2017. En aquest cas estem davant d'un híbrid que combina un motor de combustió accionat per gasolina i un motor elèctric. Conjuntament, produïa 816 cv i podia arribar a una velocitat màxima de 300 km/h.

Amb aquest model en concret la marca volia ensenyar que també està tenint presents formes alternatives d'accionament per als models més esportius. També expressa en quant a concepte com anava a ser la futura, en aquell moment, gamma EQ Power +, des de l'estètica fins a la tecnologia implementada.

En aquesta secció es pot veure clarament quines marques emblemàtiques des de fa diverses dècades estan innovant i pensant en les futures formes d'accionament. Dels diferents escenaris de futur que s'acaben de mostrar, actualment la marca ha apostat pels models completament elèctrics i híbrids.

Software per calcular el sistema d'accionament més òptim:

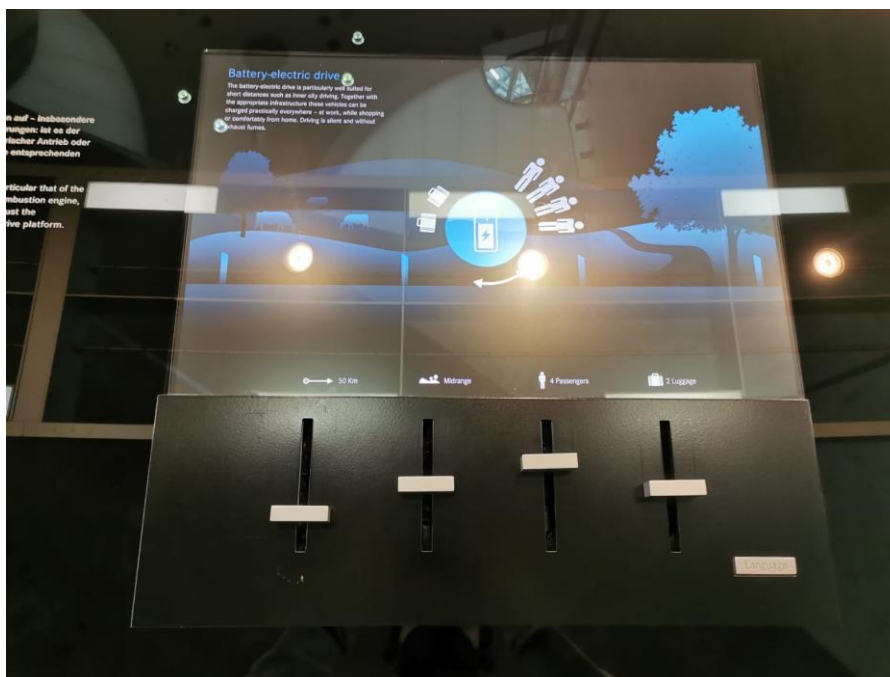


Figura A1.4. Software que calcular la millor forma d'accionament (Font: Pròpia)

Un aparell curiós que tenien al museu era un software capaç de determinar quina és la millor forma d'accionament per a un cotxe en funció de la distància, la quantitat de gent que havia de viatjar, si era dins o fora de la ciutat i si necessitaven equipatge. Sempre calculant el menor nombre d'emissions en funció de cada cas.

És una forma molt senzilla i directe per veure i entendre que en funció de la necessitat hi ha millors o pitjors alternatives, però no existeix la ideal per a tots els escenaris.

A2. Visita a la exposició de vehicles clàssics de Stuttgart

En l'exposició de vehicles clàssics de Stuttgart, hi havia un apartat de mobilitat elèctrica i autònoma. En aquest apartat la comunitat autònoma Baden-Württemberg va presentar el projecte RABus (Reallabor für den automatisierten Busbetrieb im ÖPNV in der Stadt und auf dem Land) que vol dir Laboratori real per a busos autònoms per al transport públic de persones en la ciutat o voltants.

RABus persegueix l'objectiu d'utilitzar vehicles electrificats i automatitzats amb velocitats adaptades en operacions de transport públic, per tal que es puguin presentar ofertes de mobilitat flexibles.



Figura A2.1. RABus (Font: Pròpia)

Aquest presenta un nivell d'automatització 4. Amb una potència elèctrica de 85 kW, velocitat màxima de 40 km/h, capacitat de la bateria de 37 kWh, temps de càrrega de 10 minuts. Dimensions: 6 m de llarg, 2,1 d'ample i 2,8 d'altura. Pes total de 4500 kg i pot transportar fins a 22 passatgers en el seu interior.