



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Manresa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Treball Final de Grau

Estudi comparatiu de les diferents solucions energètiques per a la propulsió de vehicles automòbils

Grau en Enginyeria Mecànica

Curs 15/16

Autor: Eduard Ros Moreno

Director: Jordi Vives Costa

Convocatòria: Juny 2016

RESUM DEL PROJECTE

En el projecte redactat a continuació es realitzarà un estudi comparatiu sobre les diferents energies de propulsió per a vehicles automòbils.

Primer de tot es durà a terme un estudi previ per conèixer més a fons les característiques de cada una d'aquestes energies i diferents aspectes com a quina matèria primera estan associades, com s'apliquen en el vehicle i el seu funcionament.

Posteriorment s'iniciarà l'estudi comparatiu de les diferents energies, començant per diferents característiques tècniques i finalitzant amb l'estudi econòmic dels costos des del punt de vista de tres aspectes essencials: el cost de l'energia, el cost de manteniment i els costos pel medi ambient.

Finalment s'analitzaran els resultats dels costos obtinguts en l'estudi comparatiu per extreure la conclusió de quina d'elles té uns costos més elevats i quina és la més econòmica. I indicar els principals avantatges i inconvenients de cada una de les energies.

RESUM DEL PROJECTE (en anglès)

The present project aims to carry out a comparative study about different propulsion systems for motor vehicles.

First of all, a previous study about the different energies will be carried out in order to collect information about their characteristics and several aspects as the raw materials that are related to them, how to apply them to the vehicles and how they generally work.

Secondly, a comparative study of the different energies will be done, starting by the different technical characteristics and ending up with the economic study of the costs from the point of view of three essential aspects: the cost of energy, the maintenance cost and the cost for the environment.

Finally, all the obtained results will be analyzed in order to find out which energy has a higher cost and which one is the cheapest. As a way to conclude the present project, the advantages and drawbacks of each energy will be indicated.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	6
2. ESTUDI PREVI DE LES ENERGIES	7
2.1. CLASSIFICACIÓ DE LES ENERGIES DE L'ESTUDI.....	8
2.2. GASOLINA	9
2.2.1. <i>Definició i característiques bàsiques</i>	9
2.2.2. <i>Propietats</i>	9
2.2.3. <i>Obtenció i matèries primeres</i>	10
2.2.4. <i>Aplicació en el motor i funcionament</i>	12
2.3. GASOIL	14
2.3.1. <i>Definició i característiques bàsiques</i>	14
2.3.2. <i>Propietats</i>	15
2.3.3. <i>Obtenció i matèries primeres</i>	16
2.3.4. <i>Aplicació en el motor i funcionament</i>	16
2.4. BIO DIÈSEL.....	19
2.4.1. <i>Definició i característiques bàsiques</i>	19
2.4.2. <i>Propietats</i>	20
2.4.3. <i>Obtenció i matèries primeres</i>	20
2.4.4. <i>Aplicació en el motor i funcionament</i>	22
2.5. BIO ETANOL.....	23
2.5.1. <i>Definició i característiques bàsiques</i>	23
2.5.2. <i>Propietats</i>	24
2.5.3. <i>Obtenció i matèries primeres</i>	24
2.5.4. <i>Aplicació en el motor i funcionament</i>	26
2.6. GLP.....	26
2.6.1. <i>Definició i característiques bàsiques</i>	26
2.6.2. <i>Propietats</i>	27
2.6.3. <i>Obtenció i matèries primeres</i>	27
2.6.4. <i>Aplicació en el motor i funcionament</i>	29
2.7. GAS NATURAL	31
2.7.1. <i>Definició i característiques bàsiques</i>	31
2.7.2. <i>Propietats</i>	31
2.7.3. <i>Obtenció i matèries primeres</i>	32
2.7.4. <i>Aplicació en el motor i funcionament</i>	33
2.8. HÍBRIDS	34
2.8.1. <i>Definició i característiques bàsiques</i>	34
2.8.2. <i>Propietats</i>	34
2.8.3. <i>Obtenció i matèries primeres</i>	35
2.8.4. <i>Aplicació en el motor i funcionament</i>	35

2.9.	ELÈCTRICS	36
2.9.1.	<i>Definició i característiques bàsiques</i>	36
2.9.2.	<i>Propietats</i>	37
2.9.3.	<i>Obtenció i matèries primeres</i>	37
2.9.4.	<i>Aplicació en el motor i funcionament</i>	37
3.	ESTUDI COMPARATIU DE LES ENERGIES.....	39
3.1.	RENDIMENT, POTÈNCIA I PARELL	40
3.1.1.	<i>Rendiment</i>	40
3.1.2.	<i>Potència</i>	41
3.1.3.	<i>Parell</i>	42
3.2.	CONSUM I AUTONOMIA	44
3.3.	GRAU DE DESENVOLUPAMENT TECNOLÒGIC I DE LES INFRAESTRUCTURES.....	48
3.4.	COSTOS DE L'ENERGIA.....	51
3.5.	COSTOS DE MANTENIMENT	54
3.6.	COSTOS RESPECTE EL MEDI AMBIENT	63
3.6.1.	<i>Quantitat d'emissions de CO2</i>	64
3.6.2.	<i>Costos de les emissions</i>	66
4.	ANÀLISI DE RESULTATS.....	69
4.1.	ANÀLISI DELS COSTOS.....	69
4.2.	AVANTATGES I INCONVENIENTS.....	72
5.	CONCLUSIONS.....	74
6.	BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA	75

1. INTRODUCCIÓ

L'objectiu principal d'aquest projecte serà trobar un indicador universal, com per exemple el cost real total per quilòmetre recorregut, per a cada tipus de tecnologia que serveixi per a prendre consciència del cost real de cada opció.

El treball consistirà en primer terme en identificar les diferents alternatives tecnològiques utilitzades actualment en la propulsió dels vehicles automòbils i els diferents combustibles o fonts d'energia per a aquests propulsors: motors tèrmics que funcionen amb gasoil, gasolina, gas natural, GLP, bio combustibles, els motors híbrids i els totalment elèctrics, etc.

L'objectiu del treball és, a partir d'aquest anàlisi previ, fer un estudi comparatiu des de el punt de vista econòmic de cada tecnologia i del recurs energètic a la que va associada.

Amb aquesta finalitat s'estudiaran variables com el seu rendiment, el consum energètic, l'autonomia, el preu de cada unitat d'energia i la seva evolució en el temps, el cost de manteniment de cada tecnologia, el seu cicle de vida, els riscos associats a la seva utilització, el grau de desenvolupament tecnològic i de les infraestructures, etc.

Finalment analitzar els resultats per tal d'establir un ordre entre les energies de les més econòmiques i les més cares i comparar els principals avantatges i inconvenients de cada una.

2. ESTUDI PREVI DE LES ENERGIES

Actualment en la societat moderna s'està investigant i treballant per fer possible la propulsió de vehicles automòbils a partir d'altres energies alternatives que tinguin, sobretot, índex de contaminació més baixos i siguin més respectuoses amb el medi ambient, més eficaces en el seu funcionament o també que tinguin un cost inferior tant per els consumidors com en el procés d'extracció i implantació en el vehicle.

En aquest apartat es realitzarà un estudi previ de les energies de propulsió utilitzades en els vehicles automòbils, les quals formaran part de l'estudi comparatiu que es durà a terme més endavant en aquest projecte.

Primer de tot esmentar les energies que formaran part de l'estudi comparatiu, les quals s'intentarà que siguin les més diferents possibles i també que siguin les més importants que hi hagi en el mercat en aquest moment.

Com ja se sap hi ha dos grans tipus d'energies actualment molt importants ja que són les més utilitzades en la propulsió de vehicles automòbils, que són la gasolina i el gasoil o dièsel.

A continuació formarien part de l'estudi els bio combustibles, dels quals es poden distingir el bio dièsel i el bio etanol.

En tercer lloc es tindrà en compte els combustibles gasosos més utilitzats, que són el GLP i el gas natural.

Finalment les últimes dues opcions que s'analitzaran són els vehicles híbrids i els totalment elèctrics.

2.1. Classificació de les energies de l'estudi

Un cop se sap els diferents tipus d'energies que hi ha i les que s'analitzaran per realitzar l'estudi comparatiu, es classifiquen per tal d'agrupar-les entre elles i fer servir un ordre lògic alhora d'elaborar el projecte.

Per tant doncs, les energies que formaran part de l'estudi seran les que es poden observar a la Taula 1:

Energies que formaran part de l'estudi							
Derivats petroli		Bio combustibles		Combustibles gasosos		Altres	
Gasolina	Gasoil	Bio dièsel	Bio etanol	GLP	Gas natural	Híbrids	Elèctrics

Taula 1: Energies que s'estudiaran

L'elecció d'aquestes energies per a l'elaboració de l'estudi comparatiu, és perquè crec que són les més importants i les més utilitzades mundialment en l'actualitat, tanmateix, algunes d'aquestes podrien ser les energies que es faran servir d'aquí a un període de temps en la majoria de vehicles, perquè segurament tindran una projecció molt alta en el futur, com per exemple podria ser el cas dels vehicles elèctrics.

2.2. Gasolina

2.2.1. Definició i característiques bàsiques

La gasolina és una mescla d'hidrocarburs alifàtics obtinguda per destil·lació fraccionada, procés explicat més endavant, que s'utilitza com a combustible en motors de combustió interna d'encesa per guspira convencional.

Es tracta d'una mescla de cadenes d'hidrocarburs de cinc a nou àtoms de carboni, els quals estan mesclats per formar un combustible convenient per l'ús en motors.

La composició de la gasolina no és sempre la mateixa, els percentatges i els tipus d'hidrocarburs que formen la mescla poden variar segons la procedència i el fabricant.

2.2.2. Propietats

Les principals propietats de la gasolina es centren en les quatre que es descriuen a continuació:

- **Número d'octans:** és la principal propietat ja que està altament relacionada amb el rendiment del motor del vehicle. És la mesura de la seva qualitat antidetonant, és a dir, l'habilitat per cremar-se sense causar detonació. La gasolina té un número d'octans entre 90 i 100 depenent del tipus d'aquesta.
- **Corba de destil·lació:** aquesta propietat es relaciona amb la composició de la gasolina, la seva volatilitat i la pressió de vapor. Aquesta corba ens representa la llei segons la qual varia el percentatge de combustible que s'evapora al augmentar la temperatura. Aquesta corba ens indicarà els punts clau en el funcionament del motor, que són: en el 10% de destil·lació, assegurar una fàcil arrencada del motor; en el 50%, una bona volatilitat i una màxima potència durant l'acceleració del motor i al 90% i punt final, s'eviten deposicions en el motor i la dilució de l'oli.
- **Volatilitat:** Aquesta propietat representa de forma indirecta el contingut dels components volàtils que proporcionen seguretat, en el seu transport i emmagatzematge. Es mesura com la pressió de vapor la qual té un valor de 0.7-0.85 mmHg.

- **Contingut en Sofre:** Es relaciona amb la quantitat de Sofre present en el producte. Si aquesta quantitat sobrepassa la norma establerta, la gasolina pot tenir efectes corrosius sobre les parts metàl·liques del motor i dels tubs d'escapament.

A continuació, en la Taula 2, es poden observar algunes de les propietats més importants de la gasolina:

Propietats		
PCI màssic	MJ/kg	43,89
PCI volumètric	MJ/m ³	30750
Densitat	Kg/m ³	710 - 760
Densitat relativa	-	0,71 - 0,76
Número d'octans	-	84 - 98
Viscositat (20°C)	cSt	0,4 - 0,8
Temperatura inflamació	°C	300 - 400
Límits d'inflamabilitat	%volum	0,6 - 8

Taula 2: Propietats físico-químiques de la gasolina

2.2.3. Obtenció i matèries primeres

La gasolina és un combustible derivat del petroli. Aquesta s'ha d'obtenir a partir de la destil·lació del petroli en una refinaria.

El procés de destil·lació del petroli consisteix en separar el cru en varies fraccions en funció dels seus punts d'ebullició. Aquest procés comença amb l'escalfament del petroli cru amb l'ajuda d'un forn, seguidament i a mesura que el petroli es va escalfant, es comencen a evaporar els hidrocarburs en la torre de destil·lació d'uns 50 metres d'alçada, la temperatura de la qual va disminuint amb l'altura.

Els gasos que s'evaporen del petroli van pujant per la torre de destil·lació. En un interval de temperatura entre els 90 i 180°C es separen els hidrocarburs de la gasolina o naftes dels altres components a partir d'uns plats que estan situats en els punts d'ebullició límit de cada component que es vol extreure, per exemple, quan els hidrocarburs de la gasolina o nafta arriben en aquest plat, es condensen els que són més pesants, atrapant-los per la seva posterior extracció i deixant passar els més volàtils cap al següent plat que hi hagi a la torre de destil·lació per separar-los. I així fins arribar al final de la torre i havent separat tots els components.

En la Figura 1, es pot veure una torre de destil·lació de petroli i els plats per separar cada fracció.

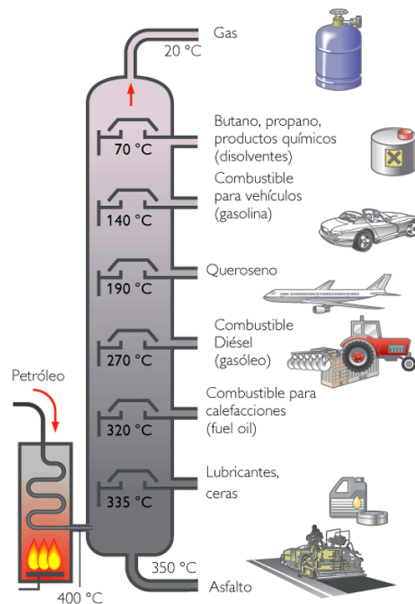


Figura 1: Fraccionament del petroli

Quan obtenim la nafta, aquesta té un número d'octans entre 40 i 60 i no és apta per la utilització en els motors de combustió interna. Per això, i per la gran demanda que hi ha, s'han de fer una sèrie de processos per tal de refinar-la i obtenir una gasolina més adequada pel consum en vehicles.

Alguns dels processos són els següents:

Cracking: és la ruptura de les cadenes moleculars llargues que formen els hidrocarburs en altres de menor longitud utilitzant la temperatura.

Polimerització: és la combinació de les molècules d'hidrocarburs més curtes entre elles, per tal de formar cadenes més llargues.

Isomerització: consisteix en la obtenció d'hidrocarburs ramificats a partir d'hidrocarburs lineals.

Finalment es realitza una mescla de les gasolines obtingues, en les quals si afegeixen additius per millorar el número d'octans i el rendiment en el motor i per complir la normativa mediambiental.

2.2.4. Aplicació en el motor i funcionament

La gasolina és aplicable a motors d'encesa per guspira, dit d'una altra manera, els que utilitzen el cicle Otto.

El cicle Otto, és el cicle termodinàmic ideal que s'aplica en els motors de combustió interna d'encesa provocada. El cicle teòric el formen 4 fases: compressió adiabàtica del fluid del motor, aportació instantània d'energia a volum constant, expansió adiabàtica i la cessió d'energia a volum constant. No obstant el cicle real es diferencia del teòric degut a que hi ha pèrdues de calor, la combustió no és instantània, els temps d'obertura de les vàlvules, etc. A continuació en la Figura 2, es pot veure el diagrama dels dos cicles:

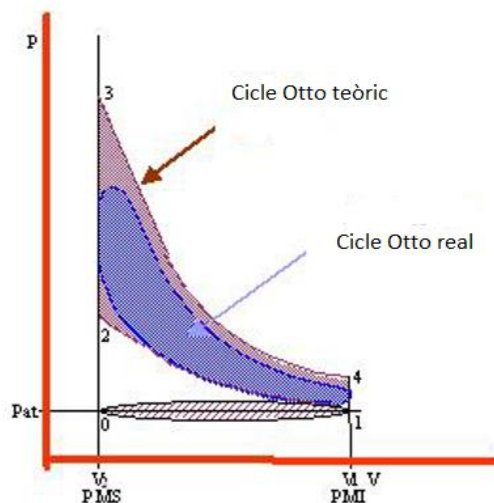


Figura 2: Diagrama P-V d'un motor de cicle Otto

El cicle Otto, pot ser de 2 temps o de 4 temps, el que explicarem en el nostre cas és el de 4 temps, que és el que utilitzen tots els vehicles convencionals. De 4 temps vol dir que el motor fa tot el cicle de funcionament amb 4 processos principals i dues voltes de cigonyal.

Aquests processos es detallen a continuació:

Primer temps: Admissió

Al començament d'aquest temps, el pistó es troba en el p.m.s (Punt Mort Superior) i la vàlvula d'admissió està oberta. El descens del pistó fins al p.m.i (Punt Mort Inferior), crea una depressió a l'interior del cilindre, que provoca l'entrada d'una mescla d'aire i combustible dosificada per el sistema d'injecció. Quant el pistó arriba al p.m.i es tanca la vàlvula d'admissió, quedant els gasos tancats a l'interior del cilindre.

Segon temps: Compressió

A continuació comença la carrera ascendent del pistó. Els gasos tancats en l'interior del cilindre van ocupant un espai cada cop més reduït a mesura que el pistó s'acosta al p.m.s. Al final de la carrera, els gasos estan tancats en l'espai format per la cambra de compressió, i per tant, es troben comprimits i alhora calents per l'efecte de la mateixa compressió que farà que es vaporitzin i s'homogeneïtzi la mescla per una millor combustió. En aquest punt els gasos es troben a una pressió aproximada de 15 bar i una temperatura prop dels 450°C.

Tercer temps: Explosió

Finalitzada la carrera de compressió, quant el pistó arriba al p.m.s salta una guspira elèctrica en la bugia que inflama la mescla, la qual es crema ràpidament per capes successives. Aquesta combustió ràpida es coneix amb el nom d'explosió i provoca una expansió dels gasos ja cremats, que exerceixen una forta pressió al pistó (de 40 a 70 bar), empenyent-lo fins al p.m.i. A mesura que s'acosta en aquest punt, la pressió dins el cilindre va disminuint ja que els gasos ocupen un major espai.

Quart temps: Escapament

Quant el pistó arriba al p.m.i finalitzant el temps d'explosió, s'obre la vàlvula d'escapament i per ella se'n van els gasos cremats. El pistó puja fins al p.m.s expulsant els gasos cremats de l'interior del cilindre. Quant arriba a aquest nivell la vàlvula es tanca i s'obre de nou la d'admissió, iniciant el cicle un altra vegada.

A continuació en la Figura 3, es poden visualitzar els 4 temps del cicle Otto explicats anteriorment:

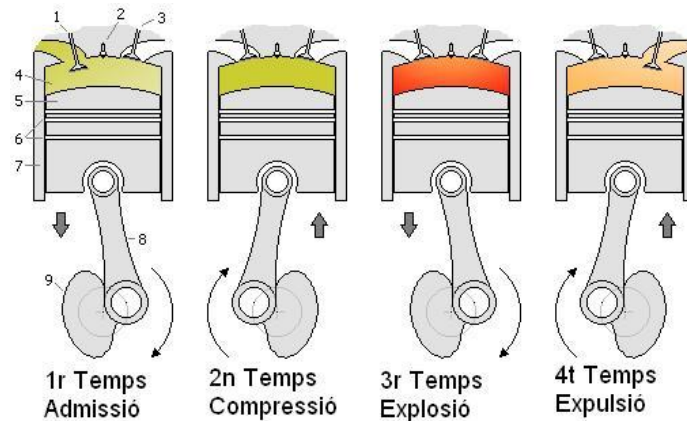


Figura 3: Temps d'un motor de cicle Otto

En els motors de combustió interna que utilitzen el cicle Otto, aquests tenen una relació de compressió d'entre 8:1 a 12:1. També una altra característica és la quantitat de parts d'aire per cada part de gasolina, aquesta proporció ha d'estar entre 14:1 i 15:1, ja que la proporció estequiomètrica és de 14,7:1.

2.3. Gasoil

2.3.1. Definició i característiques bàsiques

El gasoil és un combustible líquid de gran qualitat, obtingut com a producte intermedi en la columna de destil·lació atmosfèrica del petroli. S'utilitza en motors d'encesa per compressió, cicle Dièsel.

El gasoil és una mescla complexa d'hidrocarburs composta principalment de parafines i aromàtics, amb un contingut d'olefina amb un petit percentatge per volum. Normalment aquesta mescla està composta per un 75% de parafines i un 25% d'aromàtics.

La fórmula química general del gasoil comú és $C_{12}H_{23}$, incloent quantitats petites d'altres hidrocarburs dels quals les fórmules van des de $C_{10}H_{20}$ a $C_{15}H_{28}$.

2.3.2. Propietats

La quantitat i la qualitat d'aquest combustible han fet que, juntament amb la gasolina, formin el monopoli de combustibles per utilitzar tant en el transport públic com en el privat. És un combustible de major massa molecular, densitat i menor volatilitat que la gasolina.

El gasoil és un líquid viscos d'un to entre transparent i lleugerament vermellós. Les propietats més rellevants són les següents:

- **Número de cetans:** per obtenir un funcionament suau del motor Dièsel es necessita una inflamació ràpida del combustible a mesura que va entrant en contacte amb l'aire de la cambra de combustió. El número de cetans ens quantifica aquesta facilitat d'ignició, si aquest valor no és lo suficientment elevat es retarda la combustió i això provoca un augment de la pressió no desitjada en el cilindre.
- **Viscositat:** una disminució de la viscositat del gasoil fa més fàcil la polvorització del combustible, tot i això si és massa baixa no s'aconsegueix la lubricitat adequada a la bomba d'injecció.

A continuació, a la Taula 3, es mostren els valors de les propietats principals del gasoil.

Propietats		
PCI màssic	MJ/kg	42,69
PCI volumètric	MJ/m ³	35581
Densitat	Kg/m ³	840 - 890
Densitat relativa	-	0,84 - 0,89
Número de cetans	-	40 - 60
Viscositat (20°C)	cSt	4,2
Temperatura inflamació	°C	200 - 400
Corba de destil·lació	°C	180 - 360
Límits d'inflamabilitat	%volum	0,7 - 5

Taula 3: Propietats del Gasoil

2.3.3. Obtenció i matèries primeres

El gasoil utilitzat en vehicles també és un combustible derivat del petroli. El procés per aconseguir el gasoil és el mateix utilitzat per la gasolina, utilitzant una torre de destil·lació per fraccionament.

L'única diferència és que els hidrocarburs de gasoil són més pesants que els de la gasolina, per tant s'hauran d'escalfar a més temperatura per tal de que les molècules s'evaporin i així poder-les separar posteriorment.

En aquest cas, els hidrocarburs de gasoil seran més fàcils de separar ja que són més pesants que els de la gasolina. Aquests tenen un punt d'ebullició que va entre els 230 i 305°C. Quan els vapors entren a la torre de destil·lació van ascendint segons siguin més volàtils, en aquest cas, les molècules de gasoil es separaran en un punt de la torre on hi ha una temperatura d'uns 270°C a partir d'un plat, tal com s'ha explicat en el cas de la gasolina, per la seva extracció posterior.

El gasoil obtingut passa per un procés d'hidrodessulfuració, on es redueix el contingut de sofre per tal de poder-lo utilitzar per la producció de dièsel d'automoció o gasoil de calefacció.

Un altre procés al que pot està sotmès el gasoil és el craqueig catalític o "cracking", és un procés en el qual utilitzant alta temperatura i alta pressió s'aconsegueix trencar els hidrocarburs que tenen una cadena llarga, els quals són de baixa qualitat, en uns de cadena més curta la qual serà més lleugera i de més bona qualitat per poder-la utilitzar.

Aquests processos estan destinats a millorar la qualitat del gasoil i per aconseguir produir-ne més quantitat degut a la demanda.

2.3.4. Aplicació en el motor i funcionament

El dièsel s'utilitza en motors de combustió interna d'encesa per compressió, en aquest cas no s'utilitza cap element per iniciar la combustió, sinó que amb la pròpia compressió de la mescla de l'aire amb el combustible es realitza l'encesa.

En aquest cas el cicle utilitzat s'anomena cicle Dièsel, es caracteritza per aconseguir l'energia a través d'una combustió lenta. Aquest cicle termodinàmic també consta de 4 fases: compressió adiabàtica del fluid del motor, absorció d'energia a volum constant, expansió adiabàtica i la cessió d'energia a pressió constant. En aquest cas el cicle teòric també difereix del real per les pèrdues de calor, pèrdues mecàniques...

En la Figura 4 es compara els dos cicles, el teòric i el real.

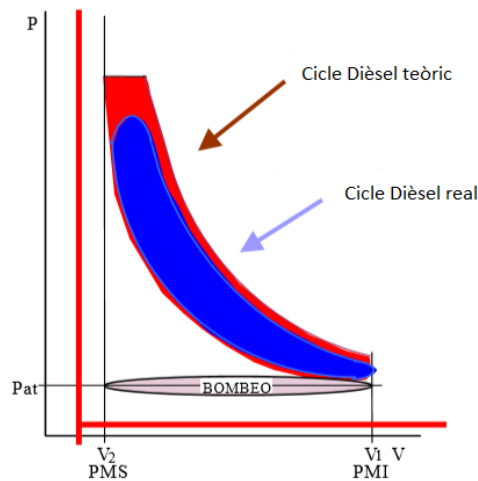


Figura 4: Diagrama P-V d'un motor de cicle Dièsel

En aquest cas també es realitza l'estudi en base al motor de 4 temps. Aquests 4 temps són els mateixos que en el cas d'un motor de cicle Otto, però amb alguna diferència.

Primer temps: Admissió

El temps d'admissió és el mateix que en un motor de cicle Otto. L'aire entra per la vàlvula d'admissió degut a la depressió que provoca el pistó quant es mou del p.m.s al p.m.i.

Segon temps: Compressió

En el temps de compressió, el pistó comença a pujar i comprimeix l'aire que ha entrat en el cilindre i que al final d'aquest temps ocuparà només l'espai de la cambra de combustió. La temperatura s'eleva considerablement fins al voltant d'uns 700 °C aproximadament degut a l'alta relació de compressió d'aquests motors. També esdevé un augment de la pressió que pot arribar a uns 40 bar.

Tercer temps: Combustió

Al final de la compressió, l'injector introdueix a la cambra de combustió una certa quantitat finament polvoritzada de gasoil, que al contacte amb l'aire calent s'inflama espontàniament. La combustió es realitza a mesura que va entrant el gasoil en la cambra de combustió, engendrant una forta pressió, que empeny el pistó cap al p.m.i. En aquest temps es poden distingir tres fases:

Primera fase: al començament de la combustió el pistó no ha començat a desplaçar-se i els gasos ocupen un espai molt reduït. Per això la pressió augmenta de manera considerable instantàniament (prop de 80 bar).

Segona fase: Després el pistó comença a descendir mentre continua la injecció de combustible i la combustió del mateix. L'augment del volum degut al descens del pistó, està compensat per la dilatació dels gasos de la combustió, resultant en aquesta fase que la pressió del cilindre és sensiblement constant.

Tercera fase: A partir de la meitat del cilindre, la combustió s'atura, mentre que el pistó continua baixant, el què comporta una disminució de pressió en el cilindre, degut a l'augment del volum.

Quart temps: Escapament

Quant el pistó arriba al p.m.i la vàlvula d'escapament s'obre, per tant, quan puja el pistó cap al p.m.s empeny els gasos cremats que es troben dins el cilindre fent-los sortir per la vàlvula cap al col·lector d'escapament.

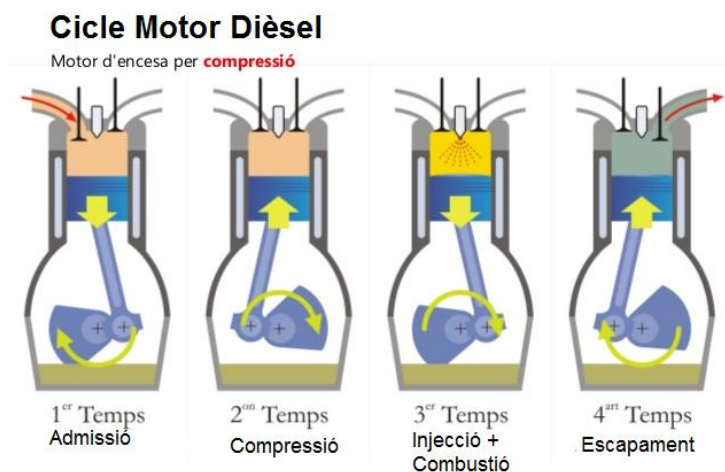


Figura 5: Cicle d'un motor Dièsel

En els motors de cicle Dièsel la relació de compressió és més alta que en els de cicle Otto, és de 14:1 fins a 25:1. La proporció de la mescla d'aire i combustible és de 14,5:1.

2.4. Bio dièsel

2.4.1. Definició i característiques bàsiques

El bio dièsel és un combustible líquid format per compostos denominats “esters metàlics d'àcids grassos de cadena llarga”. Aquest bio combustible s'utilitza com a substitut total o parcial del gasoil obtingut del petroli en motors de cicle dièsel convencionals o adaptats.

Tot i que es pot utilitzar com a combustible únic, aquesta no és la opció més utilitzada degut a les limitacions reals de garanties dels fabricants de sistemes d'injecció i d'automòbils, per això l'altre opció és utilitzar una mescla de bio dièsel i gasoil.

La mescla més habitual és la corresponent a un 5% de bio dièsel i un 95% de gasoil. S'utilitzen anotacions abreviades segons el percentatge per volum de bio dièsel en la barreja: **B100** en cas d'utilitzar bio dièsel al 100%, o altres anotacions com **B5**, **B15**, **B30** o **B50**, en què la numeració indica el percentatge per volum de bio dièsel en la barreja.

Les propietats físiques i químiques del bio dièsel son molt similars a les del gasoil, per lo que els motors dièsel convencionals no necessiten modificacions per utilitzar aquesta mescla del 5%. Els fabricants garanteixen els seus motors per aquesta mescla, si bé n'hi ha alguns que garanteixen els seus vehicles per mescles de fins al 30%. Tanmateix, en aquestes mescles poden sorgir determinats problemes en els motors com el deteriorament de les juntes i la possible obstrucció dels injectors.

2.4.2. Propietats

Les propietats físico-químiques més característiques del bio dièsel es mostren a continuació en la Taula 4:

Propietats		
PCI màssic	MJ/kg	37
Densitat	Kg/m ³	875 - 900
Densitat relativa	-	0,875 - 0,9
Número de cetans	-	47 - 56
Viscositat (20°C)	cSt	4,5
Temperatura inflamació	°C	> 100°C
Límits d'inflamabilitat	%volum	0,7 - 5
Pressió de vapor	mm Hg	< 5

Taula 4: Propietats del Bio Dièsel

El bio dièsel té un aspecte de color groguenc clar brillant, segons l'oli utilitzat. Té com a característiques destacables que és biodegradable i el fet que és un combustible no tòxic.

2.4.3. Obtenció i matèries primeres

El bio dièsel, principalment prové de dos grans tipus de matèries primeres per la seva elaboració. Es poden distingir els olis utilitzats per fregir i els olis vegetals del cultiu. També es fan servir grasses animals tot i que aquesta és la menys utilitzada.

El primer grup, format per els olis que s'utilitzen per fregir com per exemple l'oli d'oliva de gran acidesa, no és que s'utilitzi gaire ja que el volum disponible d'aquest tipus de residus és limitat.

El segon grup, que són els olis vegetals cultivats per ús energètic, s'obtenen a partir de llavors de plantes oleaginoses, com per exemple: el gira-sol, la colza, la soja, el coco i la palma, entre d'altres segons el país de cultiu.

Un cop obtinguda la matèria prima, el procés de fabricació del bio dièsel resulta bastant senzill des del punt de vista tècnic.

En la següent Figura 6 es pot observar el procés de producció del bio dièsel:

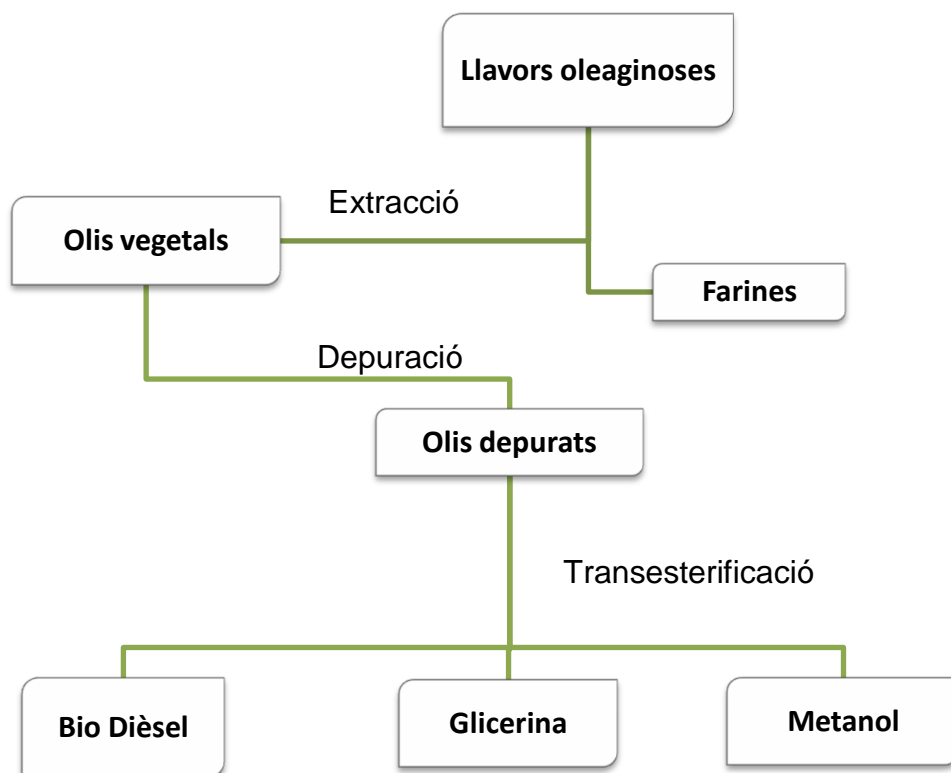


Figura 6: Procés d'obtenció del Bio Dièsel

A partir de les llavors de les plantes vegetals que s'hagin cultivat, s'extreu l'oli en processos de compressió, extracció o piròlisis. Un cop tenim l'oli brut sense refinar es passa a depurar-los per treure les impureses i residus que pugui tenir.

A partir d'aquests olis es realitza el procés anomenat "transesterificació", que consisteix en combinar l'oli vegetal amb un alcohol lleuger, normalment metanol, i així provocar una reacció química, la qual s'observa en la Figura 7, que transformarà el triglicèrid de l'oli vegetal en un ester metílic nou o millor dit el bio dièsel més una part de glicerina la qual es refinarà i s'aprofitarà.

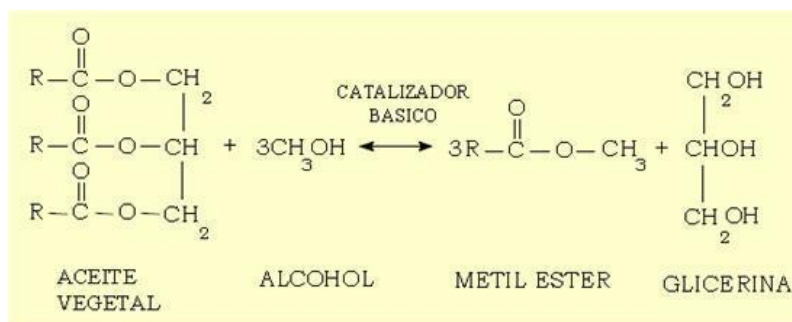


Figura 7: Reacció química per obtenir el Bio Dièsel

El rendiment del procés productiu és alt: a partir d'una tona d'oli vegetal, de 156 kg de metanol i 9,2 kg de catalitzador; es poden obtenir 956 kg de bio dièsel i 178 kg de glicerina sense refinar. D'aquest procés també es recuperen 23 kg de metanol.

Aquest rendiment depèn directament del tipus de planta de la qual s'extreu l'oli per fabricar el bio dièsel. En la Taula 5, es pot veure el rendiment basat en els litres de bio dièsel produïts per cada hectàrea plantada:

Cultiu	Litres/hectàrea
Palma	4752
Algues	3000
Coco	2151
Jatropha	2000
Colza	954
Soja	922
Arbre de sèu	907
Cacauet	842
Gira-sol	767
Blat de moro	700
Cànem	242

Taula 5: Rendiment de les diferents matèries primeres

2.4.4. Aplicació en el motor i funcionament

El bio dièsel té com a única opció utilitzar-se en els vehicles que portin motors diesel.

L'aplicació del bio dièsel es pot diferenciar en dues opcions alhora de utilitzar-lo, la primera és una aplicació total en el motor, és a dir, utilitzar 100% bio dièsel per el funcionament del motor, o bé parcial, es tracta de fer una mescla entre el gasoil habitual que utilitza el motor i afegir un tan per cent de bio dièsel.

Si s'utilitza l'opció de la mescla, no serà necessari fer cap mena de modificació en el motor i sistemes d'alimentació de combustible. Però en el cas que es faci servir bio dièsel al 100% (B100), si el vehicle és de fa uns anys enrere és probable que s'hagin de fer algunes modificacions, com per exemple: canviar els compostos de goma i/o cautxú dels tubs, juntes i conduccions del circuit de combustible, ja que el bio dièsel pur té la particularitat de dissoldre la goma.

Tanmateix, en els motors que utilitzen els vehicles actuals, els fabricants ja estan canviant els compostos dels materials per així poder utilitzar tan el gasoil convencional com el bio dièsel sense haver de fer una posterior modificació.

A continuació es detallen els principals materials compatibles i no compatibles amb el bio dièsel:

- **No compatibles:** coure i aliatges de coure, llautó, zinc, bronze i materials galvanitzats. El resultat del contacte del bio dièsel amb aquests materials provoca la corrosió, la qual produeix la formació de sabons metàl·lics.
- **Compatibles:** Acer, alumini, tefló, plàstics i derivats.

El funcionament del motor és exactament igual que en un motor de gasoil, ja que el funcionament d'aquest no varia encara que s'utilitzi bio dièsel.

2.5. Bio etanol

2.5.1. Definició i característiques bàsiques

El bio etanol és un alcohol produït a partir de la fermentació dels sucres que es troben en la remolatxa, en cereals com el blat de moro, l'ordi o el blat, en la canya de sucre, entre d'altres o en cultius denominats "energètics".

El bio etanol es pot utilitzar de dues maneres diferenciades: directament com a combustible, o indirectament per la síntesis de ETBE (mescla de etanol i isobutilè, el qual el seu nom químic complet és "5-etil-ter-butil-eter").

Al mesclar el bio etanol amb la gasolina es produeix un bio combustible d'alt poder energètic amb característiques similars a les de la gasolina i amb una important reducció de les emissions contaminants.

Donat que el bio etanol té un poder calorífic equivalent a dos terços del poder calorífic de la gasolina, un 5% de volum de mescla de bio etanol en una mescla de gasolina equival a un 3,4% del contingut energètic de la mescla.

A més a més, el bio etanol es pot utilitzar en altres percentatges de mescla. Pot arribar a mesclar-se amb la gasolina fins en un 85%, tot i que en aquests casos es requereixen certes modificacions en els motors.

2.5.2. Propietats

L'etanol o bio etanol és molt semblant a un hidrocarbur, ja que té un enllaç carboni - carboni. Les seves propietats físico-químiques més importants es mostren en la següent Taula 6:

Propietats		
PCI màssic	MJ/kg	27
PCI volumètric	MJ/m ³	21285
Densitat	g/cm ³	0,789
Número d'octans	-	99 - 102
Viscositat (20°C)	MPa*s	1.074
Temperatura inflamació	°C	363

Taula 6: Propietats del Bio etanol

2.5.3. Obtenció i matèries primeres

El procés bàsic per a la obtenció del bio etanol és la fermentació alcohòlica dels sucres de la matèria vegetal. Hi ha varies plantes vegetals que poden servir per la fabricació de bio etanol:

- Matèries riques en midó com els cereals (blat de moro, blat, civada...) i els tubercles (yuca, moniato, patata...).
- Matèries riques en sacarosa com la canya de sucre, la remolatxa, etc.
- La fusta i els residus orgànics que són matèries riques en cel·lulosa.

Les dues primeres alternatives són les més utilitzades arreu del món per el seu alt rendiment, ja que a partir de la canya de sucre es produeixen una mitjana de 5150 litres de bio etanol / hectàrea cultivada.

El procés d'obtenció del bio etanol és molt senzill. Inicialment es mesclen els vegetals triturats amb aigua i un enzim. A partir d'això s'escalfa la mescla, després es cola i es porta als reactors de fermentació. En aquests reactors es realitza la reacció anaeròbica, absència d'oxigen, la qual transformarà la glucosa en etanol fins obtenir-ne un líquid amb un grau alcohòlic entre un 10 i un 15%.

A continuació aquest etanol es destil·la i es deshidrata per extreure l'aigua que conté. Un cop fet aquest pas s'obté un alcohol amb una puresa superior al 99,8%. Aquest alcohol ja està disponible per ser aplicat directament com a combustible en els motors dels vehicles.

També és possible sintetitzar el ETBE (5-etil-ter-butil-èter), que és un substitut del MTBE (metil-ter-butil-èter), el qual son additius que s'afegeixen a les gasolines per incrementar el seu número d'octans.

En la Figura 8, que hi ha a continuació, es pot observar el procés d'obtenció del bio etanol a partir de vegetals:

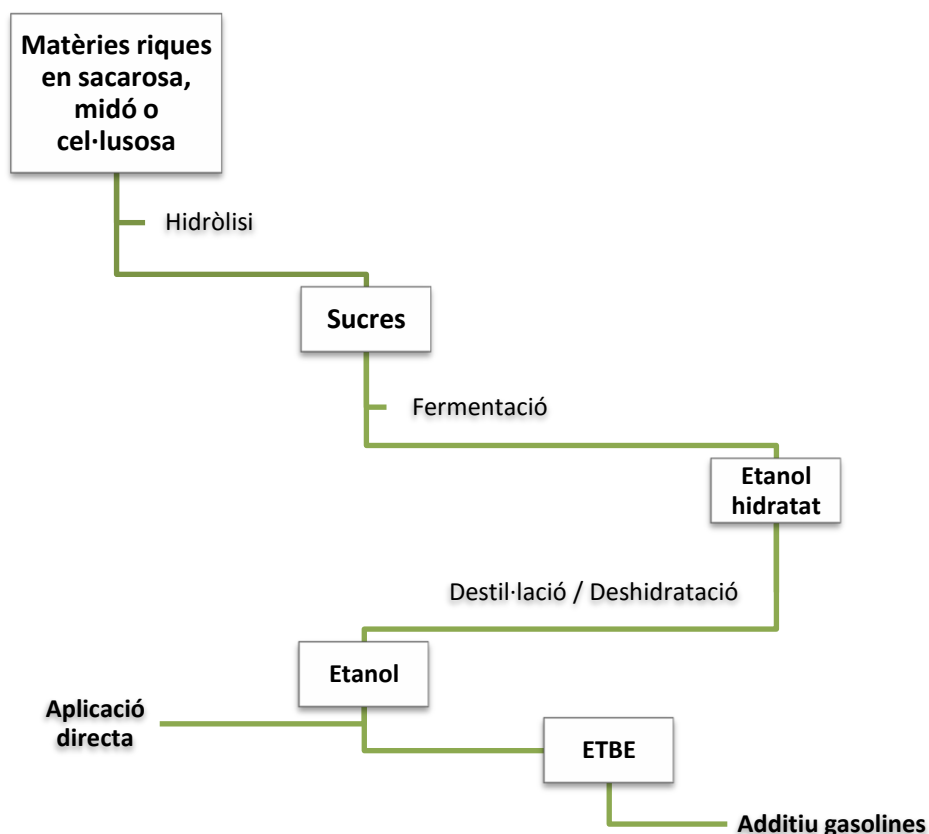


Figura 8: Procés d'obtenció del Bio etanol

2.5.4. Aplicació en el motor i funcionament

El bio etanol bàsicament s'utilitza en motors que solen utilitzar gasolina, és a dir els de cicle Otto ja que té una alta volatilitat i un número d'octans alt. Tot i que també s'està desenvolupant la possibilitat de poder utilitzar bio etanol en motors dièsel.

El bio etanol es pot aplicar en el vehicle de les següents formes:

- Fent una mescla de gasolina i un 5% de bio etanol. Aquest mètode no requereix cap modificació en el vehicle per el seu funcionament adequat.
- Mescles que continguin entre un 10-85% de bio etanol. Amb aquesta opció ja és necessària alguna modificació en el vehicle.
- Utilitzar bio etanol al 100%, ja són necessàries modificacions importants en el vehicle.

El funcionament del motor és el mateix que en un de gasolina. L'únic que s'ha de tenir en compte és quin percentatge de bio etanol s'utilitzarà per realitzar les modificacions necessàries per el seu bon funcionament.

Algunes de les modificacions que es solen fer en els vehicles que utilitzen un tan per cent de bio etanol de més d'un 10% són les següents:

1. El dipòsit de combustible, el material del qual ha de ser compatible amb l'alcohol, com podria ser la fibra de vidre.
2. El circuit de conduccions del combustible (tubs, vàlvules...).
3. Els injectors.

Si el vehicle utilitza només bio etanol serien necessàries altres modificacions més enfocades a materials del motor i components d'aquest.

2.6. GLP

2.6.1. Definició i característiques bàsiques

El GLP, o Gas Lliquit del Petrolí, és una mescla de propà (C_3H_8) i de butà (C_4H_{10}). En estat gasos en condicions normals, i a una determinada pressió (aproximadament 10 bar) es transforma en líquid.

La proporció dels citats gasos (propà i butà) en la mescla utilitzada en els vehicles, varia en funció del país i el tipus de vehicle. Per exemple, a Espanya el gas lliquit del petroli d'automoció, en els vehicles que són turismes i s'han adaptat per utilitzar GLP, té normalment una composició volumètrica d'un 30% de propà i un 70% de butà, o en alguns casos pot arribar a un percentatge de mescla d'un 40% i un 60% respectivament.

D'altra banda, el GLP per vehicles que ja han estat dissenyats per funcionar exclusivament amb aquest combustible, per exemple alguns autobusos, té un 70% de propà i un 30% de butà.

2.6.2. Propietats

Les propietats més destacades del GLP són les següents:

- Té un poder calorífic inferior de 47 MJ/kg
- Una densitat de 0,508 g/cm³
- Número d'octans de 102
- No és tòxic ni corrosiu, i no conté plom ni cap additiu afegit.
- És inodor, incolor i és més pesant que l'aire.
- És excessivament fred, ja que per liquar-lo se l'ha sotmès a temperatures molt baixes per sota de 0°C. Per tant, produeix cremades en contacte amb la pell.

2.6.3. Obtenció i matèries primeres

El gas liquat del petroli, com es pot entendre del seu nom, són gasos que deriven del petroli. Aquests gasos també es poden trobar en la composició del gas natural. La qual cosa es poden obtenir a partir de dues matèries primeres diferents.

Els gasos liquats del petroli (GLP) es poden obtenir en els processos de refinament del petroli i en els jaciments de gas natural humit.

Per aconseguir els gasos liquats del petroli, a partir del refinament d'aquest, s'utilitza la mateixa tècnica que amb la gasolina, gasoil i altres hidrocarburs.

En aquest cas els dos elements que conformen el GLP són el butà i el propà, aquests dos gasos es separen a la torre de destil·lació del petroli. Són els hidrocarburs més lleugers, per tant seran dels últims que es separaran.

Aquests dos components arriben fins a dalt de la torre de destil·lació a una temperatura que sol ser de 40°C. L'únic que s'ha de fer és extreure aquests gasos amb l'ús dels plats, funcionament dels quals està explicat en els processos d'obtenció de la gasolina i el gasoil.

Després de separar aquests gasos, per dalt de tot de la torre de destil·lació s'extreuen els gasos d'altres composicions. Tal com es pot observar en la Figura 9:



Figura 9: Derivats del fraccionament del petroli

A continuació aquests gasos es liquen, procés de convertir l'estat gasos en que es troba en líquid. Aquest procés s'aconsegueix mitjançant variacions de la pressió i la temperatura, es comprimeix i es refreda. I finalment s'emmagatzema en dipòsits capaços d'aguantar aquesta pressió.

D'altra banda l'obtenció del GLP a partir del gas natural es fa a partir de l'extracció d'aquest dels dipòsits naturals situats a les profunditats de la superfície i dels oceans.

Un cop s'ha extret el gas natural, s'envia a les plantes de processat per fer la separació dels diferents components.

En una primera etapa el gas passa a una planta en la qual s'elimina el sofre que conté. Posteriorment s'introdueix en una planta criogènica, on mitjançant refredament i expansions successives s'obtenen dues composicions, una gasosa formada bàsicament per metà (gas residual) i una altra líquida (liquables).

En l'última etapa de fraccionament, la fase líquida es separa en diferents components: età, GLP i altres. Aquest GLP s'emmagatzema en tancs o dipòsits, Figura 10, per el seu posterior transport, distribució i ús en vehicles.



Figura 10: Dipòsits d'emmagatzematge del GLP

2.6.4. Aplicació en el motor i funcionament

El GLP (Gasos líquids del petroli) s'utilitzen bàsicament en motors de cicle Otto. També es podrien utilitzar en vehicles de motor dièsel però són necessàries excessives modificacions que ho fan econòmicament inviable.

Aquests vehicles poden ser bi-combustible: tenen dipòsits de GLP i de gasolina, i poden canviar de combustible només prement un botó. Amb això s'aconsegueix augmentar l'autonomia del vehicle. També existeixen els vehicles mono-combustible impulsats exclusivament per GLP.

El seu funcionament és com el d'un motor de gasolina, només s'han de realitzar unes modificacions per tal que es pugui utilitzar el GLP ja que s'han de complir les normes de qualitat i seguretat per el seu correcte i segur funcionament en el motor.

Les modificacions respecte al motor de gasolina són les següents:

- El dipòsit de combustible, ha d'aguantar la pressió en què es troba el gas líquid, i ha de ser resistent per aguantar l'impacte en cas d'accident.
- Ha d'haver-hi una vàlvula d'escapament per si el GLP es rescalfés.
- Les conduccions dels gasos han de construir-se amb materials adequats i mantenir una distancia mínima de seguretat amb els conductes dels gasos d'escapament del motor.
- Adaptar els injectors i instal·lar un adaptador que alterni els dos combustibles.

- Hi solen haver restriccions alhora d'aparcar aquests vehicles en llocs tancats ja que si hi ha una fuga de gas aquest es pot acumular arran de terra perquè és més dens que l'aire.
- Instal·lar un reductor-evaporador, aquest redueix la pressió i gasifica el GLP.

Un cop fetes les modificacions, el funcionament és el següent: el gas es troba en estat líquid en el dipòsit i es bombeja cap al motor. Seguidament passa per el reductor-evaporador que s'encarrega de reduir la pressió fins a 90kPa que és a la que treballen els injectors de gas i també gasifica el GLP (passa d'estat líquid a gasos). La calor necessària per realitzar la gasificació s'aconsegueix fent circular l'aigua del circuit de refrigeració del motor a través d'una cambra dissenyada a tal efecte en el reductor-evaporador.

A continuació el gas passa als injectors, els quals injectaran la quantitat necessària de gas per a la combustió. Aquesta combustió és més neta que la de la gasolina, genera una major potència i par motor i menys emissions contaminants.

En la següent Figura 11, es poden observar els components que formen el vehicle GLP.

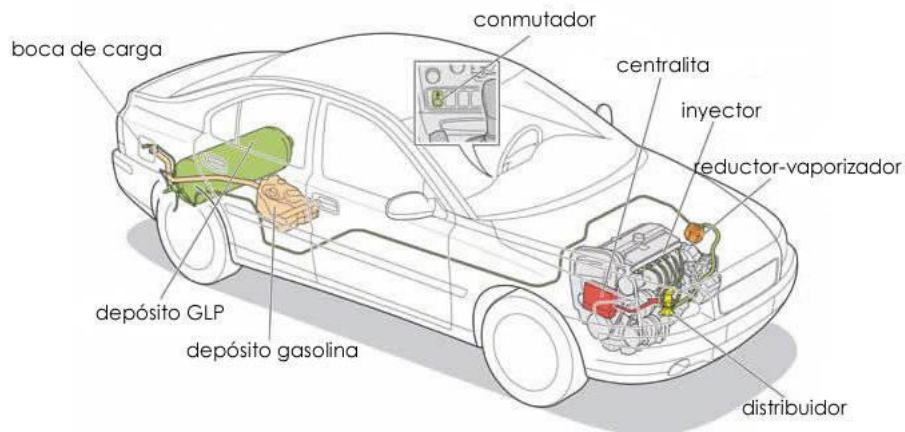


Figura 11: Esquema dels components d'un vehicle propulsat per GLP

2.7. Gas natural

2.7.1. Definició i característiques bàsiques

El gas natural és una mescla rica de hidrocarburs lleugers. El principal component és el metà (CH_4), que es troba entre un 70-90%, i, entre les seves propietats destaca el seu alt punt d'inflamabilitat (es crema fàcilment i completament) i, per el seu contingut en carboni, les seves menors emissions residuals de hidrocarburs.

La composició del gas natural mai és constant i aquesta varia en funció de la procedència del jaciment on s'hagi fet l'extracció, per tant els percentatges dels hidrocarburs que formen el gas natural no seran mai els mateixos.

A més a més, pot contenir altres hidrocarburs, com per exemple: l'età, propà, butà, pentà i petites porcions d'altres gasos.

En la Taula 7, es pot veure la composició típica del gas natural:

Nom del compost	Fórmula	Percentatge
Metà	CH_4	70 - 90%
Età	C_2H_6	0 - 20%
Propà	C_3H_8	
Butà	C_4H_{10}	
Diòxid de carboni	CO_2	0 - 8%
Oxigen	O_2	0 - 0,2%
Nitrogen	N_2	0 - 5%
Sulfur d'hidrogen	H_2S	0 - 5%
Altres gasos nobles	$Ar, He, Ne, Xe \dots$	-

Taula 7: Composició del Gas Natural

2.7.2. Propietats

Algunes de les propietats més importants del gas natural són les següents:

- Té un poder calorífic de 47 MJ/kg
- Té una densitat de 0,777 g/cm³
- Un número d'octans entre 120 - 130

És un gas no corrosiu i no tòxic, amb una elevada temperatura de combustió i un estret límit d'inflamabilitat.

El gas natural en el seu estat natural no té olor ni color, és insípid, sense cap forma particular i és més lleuger que l'aire.

2.7.3. Obtenció i matèries primeres

El gas natural es troba sota la superfície terrestre o en els oceans, en denominades “bosses de gas”. Es poden trobar sobre dipòsits de petroli cru o prop d'aquests (gas natural associat) o bé en jaciments exclusius de gas natural (gas natural no associat). D'aquest últim es poden distingir entre: “gas humit”, en cas de contenir hidrocarburs líquids en suspensió, i “gas sec”, si no els conté.

El procés d'obtenció del gas natural es molt semblant al del petroli. En la Figura 12, s'indiquen les etapes des de l'explotació fins a seu ús:

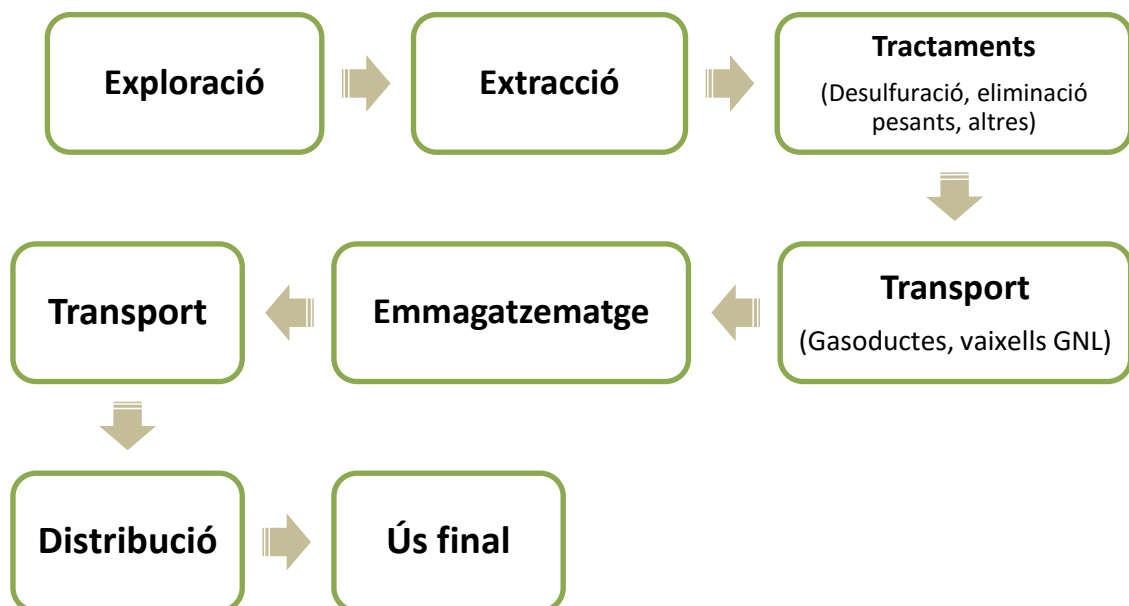


Figura 12: Esquema del procés d'obtenció del Gas Natural

Primer de tot s'ha de fer la localització de les “bosses de gas” i l'exploració del terreny i la ubicació per saber si és factible i rentable extreure el gas natural.

Un cop es té el jaciment, es procedeix a l'extracció. L'equipament necessari dependrà de les condicions on es trobi el gas natural, però la més utilitzada és la que utilitza plataformes de perforació rotativa. Normalment el gas es troba sota pressió i surt del pou sense intervenció externa tot i que de vegades és necessari utilitzar bombes o altres mètodes per extreure'l.

Quan ja s'ha obtingut el gas natural, es porta a les plantes on es faran els tractaments de condicionament i refinat adequats per transformar-lo en un gas útil per l'ús final.

Després dels tractaments, el gas s'ha de transportar i es pot fer a través de gasoductes o bé amb vaixells de GNL, tot i que en aquest cas s'ha de fer una líquüefacció del gas natural perquè ocupi menys espai per poder-lo transportar.

Finalment s'emmagatzema el gas natural en dipòsits pel seu posterior transport i distribució per un ús final d'aquest, ja sigui per calefacció, industrial, generació d'energia o per la propulsió de vehicles.

2.7.4. Aplicació en el motor i funcionament

Els vehicles que utilitzen gas natural pel seu funcionament són vehicles amb motors de cicle Otto.

Primer de tot el gas natural es pot aplicar en el vehicle comprimint-lo (GNC) o bé líquüant-lo (GNL). El gas natural comprimit requereix dipòsits d'emmagatzematge que aguantin la pressió, també han de ser més grans per tal d'haver-hi quantitat suficient per una autonomia considerable. D'altra banda el gas natural líquüat, es refreda a baixes temperatures i a pressions baixes i s'emmagatzema en dipòsits convencionals però amb doble paret i un aïllament intermedi.

El motor d'un vehicle de gas natural utilitza el principi de funcionament d'un motor de gasolina. El combustible surt del dipòsit, passa per una vàlvula de bloqueig manual i es condueix fins a un regulador de pressió de combustible. El gas s'injecta amb uns injectors de gas a la cambra de combustió, a continuació es realitza el cicle Otto del motor explicat anteriorment en el cas de la gasolina.

En la Figura 13, s'observen tots els components d'un vehicle que utilitza GNC pel seu funcionament.

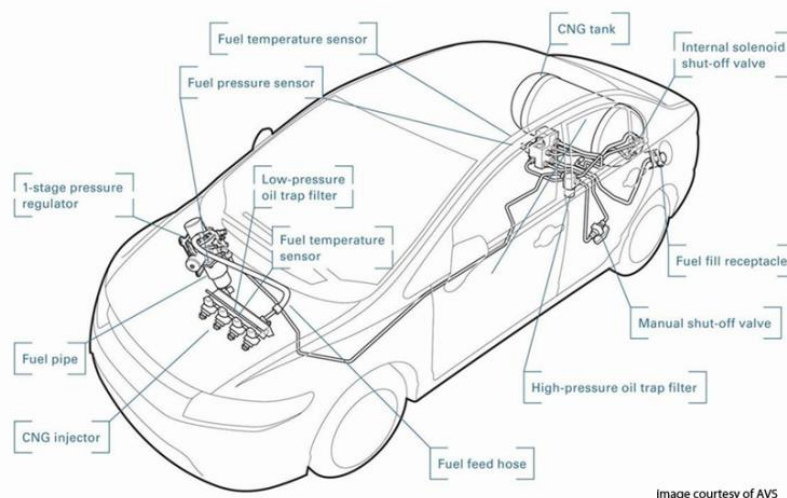


Figura 13: Esquema dels components d'un vehicle propulsat per Gas Natural

2.8. Híbrids

2.8.1. Definició i característiques bàsiques

Un vehicle híbrid és aquell que combina un motor elèctric, normalment alimentat amb bateries, i un motor de combustió interna (normalment de gasolina).

L'energia elèctrica que impulsa el vehicle prové de bateries i, alternativament, del motor de combustió interna que mou un generador. Normalment, el motor de combustió també pot impulsar les rodes de forma directa.

En el disseny d'un automòbil híbrid, el motor tèrmic és la font d'energia que s'utilitza com última opció, i es disposa d'un sistema elèctric per determinar quin motor utilitzar, i quan fer-ho.

En el cas d'híbrids gasolina - elèctrics, quan el motor de combustió interna funciona, ho fa amb la seva màxima eficiència. Si es genera més energia de la necessària, el motor elèctric s'utilitza com a generador i carrega la bateria del sistema. En altres situacions, funciona només el motor elèctric, alimentant-se de l'energia guardada a les bateries.

Fins i tot hi ha alguns vehicles que tenen la possibilitat de recuperar l'energia cinètica de la frenada i la converteixen en energia elèctrica per la seva posterior utilització.

2.8.2. Propietats

Les propietats de la gasolina en el vehicle híbrid són exactament iguals que en un vehicle convencional de propulsió amb un motor de combustió interna de gasolina, ja que aquesta és la mateixa que s'utilitza en ambdós casos.

El motor elèctric, per la seva banda, dependrà del tamany d'aquest, i pel que fa a algunes de les propietats que es tenen en compte per triar el més adequat són les següents:

- Els kWh que pot proporcionar
- El voltatge i Amperatge
- El tamany del motor elèctric, per causes d'ubicació en el vehicle
- El rendiment

Altres propietats que tenen aquests motors elèctrics és que són menys sorollosos i vibren menys que els motors de combustió.

2.8.3. Obtenció i matèries primeres

En el cas dels vehicles híbrids les matèries primeres utilitzades són la gasolina i la electricitat, tot i que en alguns models també s'utilitza el gasoil enlloc de la gasolina.

La gasolina i el gasoil deriven del petroli, per la seva obtenció s'ha de fer el fraccionament en les torres de destil·lació ja explicades anteriorment en cada un dels dos casos.

D'altra banda l'electricitat que utilitzen els vehicles híbrids, pot ser obtinguda de dues maneres depenent del tipus de vehicle híbrid que sigui.

Si el vehicle híbrid és semi - híbrid o híbrid pur l'electricitat l'obtenen a partir del motor de combustió interna que carrega les bateries mitjançant un generador o també utilitzant un recuperador d'energia cinètica de la frenada utilitzant un fre elèctric que actua com a generador d'electricitat.

En canvi, també hi ha els vehicles endollables, aquests poden obtenir l'energia elèctrica de la manera esmentada anteriorment o fins i tot estan preparats per carregar les bateries endollant-los a la xarxa elèctrica.

2.8.4. Aplicació en el motor i funcionament

Els vehicles híbrids habitualment utilitzen el motor elèctric i el de gasolina, no obstant, també hi ha fabricants que han desenvolupat vehicles híbrids amb motor dièsel enlloc del de gasolina.

L'aplicació més habitual per aquests vehicles si es vol optimitzar el seu funcionament enfront els costos, és la utilització bàsicament en grans ciutats, com serien els taxis.

Els vehicles híbrids es poden classificar en tres tipus diferents, depenent de quin sigui el seu principi de funcionament:

- **Híbrids en sèrie:** en aquest cas no existeix connexió mecànica directa entre el motor de combustió i les rodes. El vehicle és impulsat únicament pel motor elèctric gracies a l'electricitat generada pel motor de combustió que acciona un generador. La transmissió cap a les rodes es realitza mitjançant un conjunt d'engranatges i planetari. La bateria actua com a acumulador d'electricitat.
- **Híbrids en paral·lel:** en aquests vehicles tant el motor de combustió interna com el motor elèctric treballen simultàniament per impulsar el vehicle. Aquest sistema permet una simplificació a l'hora de desenvolupar un vehicle híbrid per part de qualsevol fabricant.

- **Híbrid sèrie - paral·lel:** aquesta combinació, parteix del vehicle híbrid amb arquitectura en sèrie en el que també s'ha connectat el motor de combustió interna directament a les rodes. En aquest cas, el motor de combustió interna és capaç, al mateix temps, de carregar les bateries i de contribuir a la propulsió del vehicle. Aquest mètode permet propulsar el vehicle únicament amb el motor de combustió, només amb el motor elèctric o bé mitjançant una combinació d'ambdós.

En la Figura 14, es pot observar una comparació dels tres tipus de funcionament.

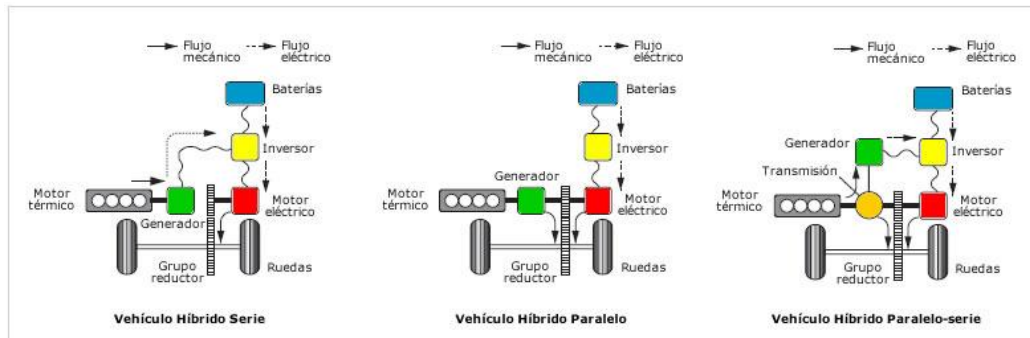


Figura 14: Diagrama de funcionament dels tipus de vehicles híbrids

2.9. Elèctrics

2.9.1. Definició i característiques bàsiques

El concepte de “vehicle elèctric” engloba tots aquells vehicles que utilitzen per la propulsió l'energia elèctrica, fent ús d'un motor elèctric en el lloc d'un motor de combustió i un conjunt de bateries en substitució del dipòsit de combustible.

Aquests vehicles utilitzaven unes bateries (principalment bateries de níquel - hidrurs de metall, o bateries de plom - àcid), però aquestes proporcionaven una baixa densitat d'energia fent que l'autonomia dels vehicles que utilitzaven aquestes bateries fos molt limitada, majoritàriament d'uns 60 – 100 km recorreguts per recàrrega.

Actualment, això ha canviat, i ara s'utilitzen bateries de ió – liti, les quals proporcionen una autonomia del vehicle més elevada que pot arribar entre els 300 i 400 km per recàrrega. També ja s'estan començant a fer estudis per millorar aquestes bateries i trobar nous elements per tal d'elevat al màxim possible els quilòmetres d'autonomia d'aquests vehicles.

Aquestes bateries es recarreguen a partir d'un endoll a la corrent de la xarxa elèctrica, però també hi ha vehicles elèctrics que porten una pila de combustible que utilitza hidrogen. L'hidrogen es transforma en electricitat en aquesta pila a causa d'una reacció química i subministra l'energia al motor elèctric per el seu funcionament.

2.9.2. Propietats

Les propietats dels vehicles elèctrics, pel què fa al motor elèctric, són les mateixes que ens els vehicles híbrids.

En aquest cas, un altre aspecte que es tindrà en compte són les bateries d'emmagatzematge de l'energia. Les quals tindran diferents tamanys, quantitat de cel·les i capacitat diferents segons el fabricant.

2.9.3. Obtenció i matèries primeres

Els vehicles elèctrics utilitzen electricitat pel seu funcionament i aquesta pot ser obtinguda de moltes maneres diferents.

Principalment es diu que els vehicles elèctrics no contaminen, però això no és del tot cert ja que per aconseguir l'energia elèctrica que utilitzen s'han de dur a terme processos de transformació de l'energia que de vegades no són respectuosos amb el medi ambient.

Bàsicament l'electricitat s'obté a partir de les centrals nuclears i les centrals tèrmiques que solen utilitzar gas natural. D'altra banda també es poden utilitzar tècniques renovables tot i que són bastant minoritàries, com per exemple: hidroelèctriques, eòliques, solars...

També hi ha una altra manera de poder utilitzar el vehicle elèctric, que és utilitzant una pila de combustible d'hidrogen. Aquesta pila de combustible és un dispositiu electroquímic que produeix una combinació química entre l'hidrogen i l'oxigen i els converteix en aigua, generant electricitat a partir d'aquesta combinació.

Val a dir que aquest mètode no té gaire utilització degut al seu alt cost, ja que utilitza metalls preciosos (com platí o pal·ladi) per als catalitzadors de la combinació química de l'hidrogen amb l'oxigen.

2.9.4. Aplicació en el motor i funcionament

Els vehicles elèctrics són actualment la solució menys aprofitada per a la propulsió de vehicles, les poques infraestructures per a la recàrrega de les bateries i els cost elevat d'obtenir-ne un fan que els usuaris no es decantin per aquesta opció. Tot i això, els fabricants cada cop aposten més per aquesta tecnologia, i diferents marques ja tenen varis models de vehicles elèctrics al mercat.

El funcionament del vehicle elèctric és el següent, primer de tot s'endolla el vehicle a la xarxa elèctrica, a continuació un transformador passa la corrent alterna de la xarxa en corrent continua. Aquesta electricitat en corrent continu s'emmagatzema a les bateries de ió – liti.

Un cop estan carregades totalment les bateries i es posa en funcionament el vehicle, un controlador rep informació sobre resistències i potenciómetres del vehicle, com per exemple, la posició del pedal del gas; a continuació aquest alimentarà el motor elèctric amb més o menys energia.

Els motors elèctrics que utilitzen aquests vehicles poden ser de corrent continua o bé de corrent alterna. Si utilitzen un motor de corrent continua el funcionament no varia. En canvi, si utilitzen un motor de corrent alterna, s'ha d'afegir un inversor entre les bateries i el motor elèctric. Aquest inversor transformarà la corrent continua que prové de les bateries en corrent alterna per alimentar el motor elèctric. Aquest inversor també es pot utilitzar per captar l'energia que produeix el vehicle en les frenades per carregar les bateries.

Un altre element que hi ha d'haver en el vehicle elèctric és un convertidor de voltatge DC/DC. Aquest component transforma l'alt voltatge de corrent continua que aporta la bateria principal, en baixa tensió (12 Volts) de corrent continua per alimentar les bateries auxiliars que són les que alimenten els components auxiliars del vehicle.

A continuació en la Figura 15 es pot observar l'esquema dels components que conformen un vehicle elèctric:

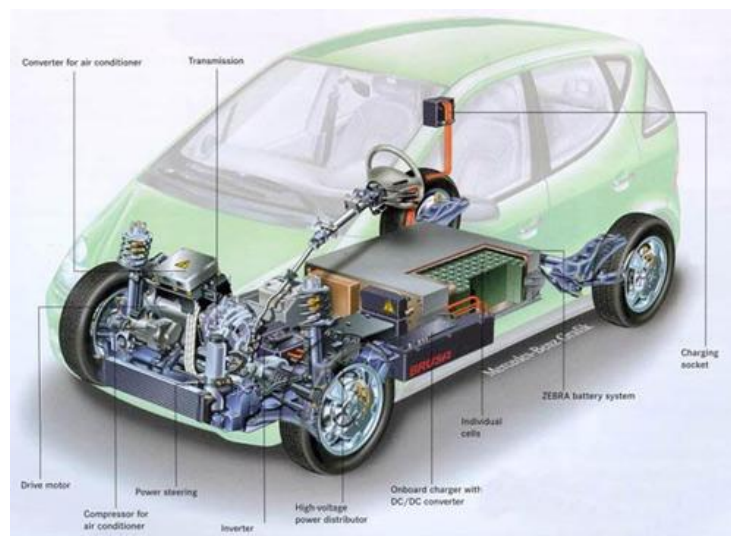


Figura 15: Esquema dels components del vehicle elèctric

3. ESTUDI COMPARATIU DE LES ENERGIES

A continuació es realitzarà l'estudi comparatiu de les energies explicades anteriorment. Aquest estudi va dirigit a fer una comparació de les diferents energies de propulsió de vehicles basada ens els costos d'aquestes, des de l'inici d'extracció, passant pel manteniment de cada tipus de vehicle i els efectes de cada una en el medi ambient.

Els aspectes que seran objecte de la comparació en aquest estudi són els següents:

- **Rendiment, potència i parell:** es farà un anàlisi per saber quina de les energies té més bon rendiment i es compararan les corbes de parell i potència per veure les diferències entre les diferents energies.
- **Consum i autonomia:** es compararà el consum de cada una de les energies i l'autonomia que poden arribar a tenir.
- **Grau de desenvolupament tecnològic i de les infraestructures:** s'analitzarà en quin grau de desenvolupament es troba cada tecnologia i si tenen les infraestructures adequades.
- **Costos de l'energia:** aquesta part anirà des del moment que s'extreu la matèria prima fins que es produeix el combustible, i l'addició d'impostos de cada carburant. Es compararà el preu per el consumidor de cada una de les energies. Al final es veurà quina de les energies té més costos de producció i les que tenen més impostos.
- **Costos de manteniment:** s'explicarà el manteniment que ha de rebre cada motor utilitzant els diferents tipus d'energia per la seva propulsió, per tal de comparar quin són els costos de cada un d'aquests.
- **Costos respecte al medi ambient:** es determinarà quina de les energies contamina més i es buscarà un indicador per tal de trobar el cost que té cada una d'elles per el medi ambient per cada quilòmetre recorregut.

Per a la realització d'aquest estudi, es tindrà en compte que les característiques dels motors de cada alternativa siguin les mateixes. És a dir, per tal de que la comparació sigui el més ajustada possible, s'estimarà que els motors són de la mateixa cilindrada, mateix nombre de cilindres, mateixos cavalls de potència i que siguin turismes de les mateixes dimensions. Per tant, el projecte està enfocat a comparar turismes de dimensions petites o normals i que utilitzin motors de característiques semblants.

3.1. Rendiment, potència i parell

En aquest apartat es realitzarà una comparació de les diferents energies de propulsió dels vehicles respecte al seu rendiment de funcionament. També es compararan les corbes de parell i potència dels motors utilitzats en els diferents casos.

El parell del motor és el moment de força que pot transmetre aquest cap a les rodes. I la potència del motor dependrà d'aquest parell motor i de la velocitat en què estigui girant, la potència és el treball realitzat en un temps determinat.

3.1.1. Rendiment

Pel què fa al rendiment dels motors, sempre es vol obtenir el màxim possible. Per realitzar-ho, quan es dissenya un motor es fa amb un model teòric però quan es porta a la pràctica si han de restar les pèrdues mecàniques (fricció, funcionament no instantani dels elements...) i també les pèrdues de calor del motor. Per tant el rendiment real sempre acaba sent inferior al que realment s'havia calculat teòricament.

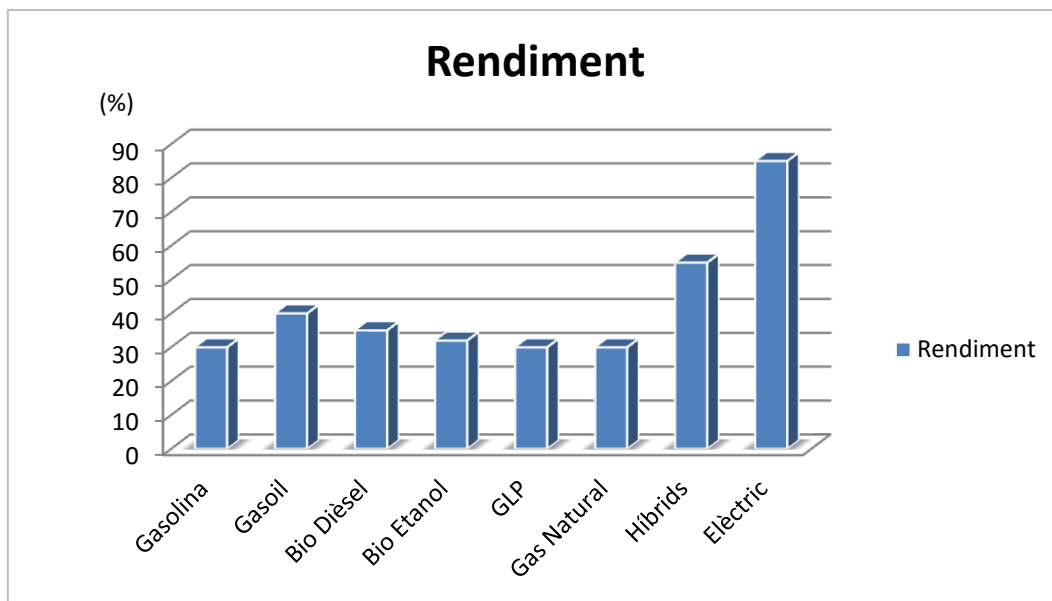
A continuació es pot observar en la Taula 8 els rendiments aproximats dels motors respecte les diferents alternatives de propulsió:

Energia	Rendiment (%)
Gasolina	25 - 30
Gasoil	35 - 45
Bio Dièsel	30 – 45 (B10)
Bio Etanol	30 – 35 (E5)
GLP	30
Gas Natural	30
Híbrids	50 - 60
Elèctrics	75 - 90

Taula 8: Rendiment del motor respecte a l'energia utilitzada

Tot seguit, es comparen aquests rendiments en la Gràfica 1 per tal d'observar més visualment la diferència que hi ha entre ells. Es pot veure fàcilment que els rendiments que utilitzen energies de combustió en el motor, tenen un rendiment més aviat baix ja que hi ha moltes pèrdues mecàniques i de calor.

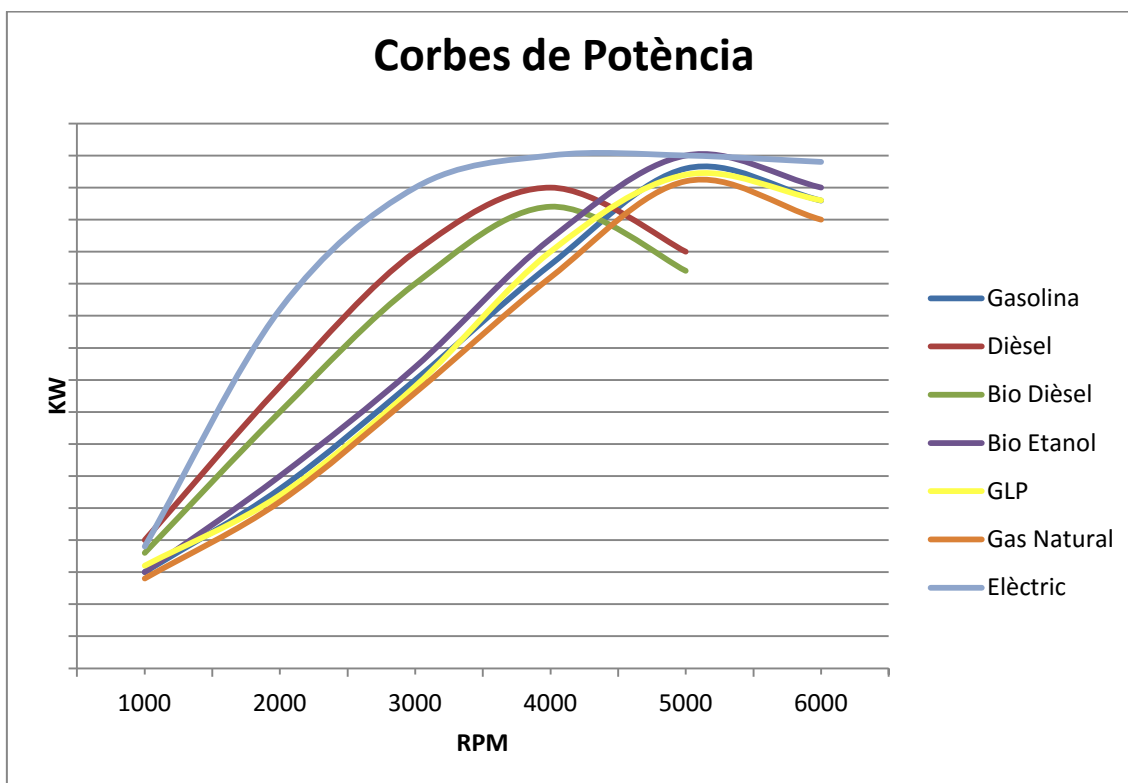
En canvi en els híbrids el rendiment ja és superior perquè compten amb el motor elèctric, i els que tenen més bon rendiment són els vehicles elèctrics perquè no tenen les pèrdues dels vehicles que utilitzen combustibles fòssils.



Gràfica 1: Rendiment de les diferents alternatives de propulsió de vehicles

3.1.2. Potència

A continuació es mostraran les corbes de parell i potència de cada una de les diferents alternatives de propulsió de vehicles ja que segons el combustible utilitzat el motor pot variar aquestes dues característiques.



Gràfica 2: Corbes de potència dels diferents motors

Anteriorment, en la Gràfica 2, es poden comparar les corbes de potència de les diferents alternatives per a la propulsió de vehicles. Aquesta comparació s'ha aproximat a un vehicle que incorpori un motor de la mateixa cilindrada i mateixa potència en les diferents alternatives. Les corbes variaran sempre que la cilindrada i la potència del motor canviïn, però la corba sempre tindrà la forma aproximada que s'observa a la gràfica.

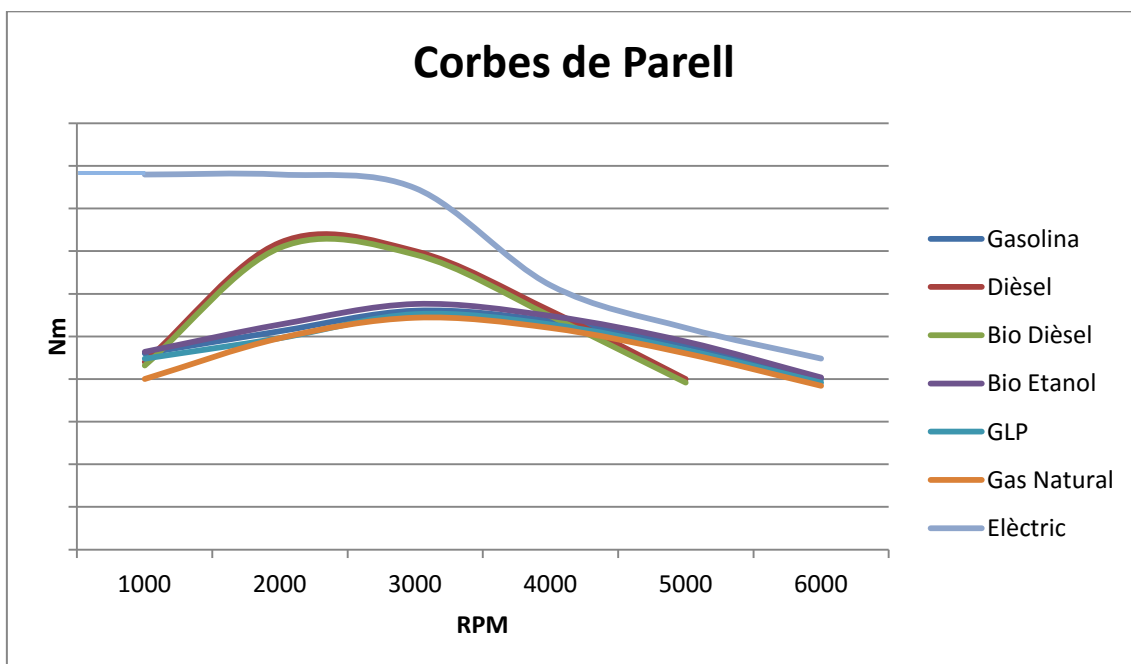
El que s'observa a la gràfica és que el Bio Etanol, el GLP i el Gas Natural tenen unes corbes molt semblants a la de la gasolina, arriben al punt màxim de potència a unes 5000 rpm. En canvi el dièsel i el bio dièsel són gairebé iguals tot i que el segon té uns valors més baixos, aquestes arriben a una potència màxima a unes revolucions inferiors, d'aproximadament 4000 rpm.

El vehicle híbrid no està inclòs a la gràfica però seria una variant entre la corba de gasolina i l'elèctric. La forma de la corba seria més o menys igual que la d'un motor de gasolina. Val a dir que si el vehicle híbrid utilitza dièsel enlloc de gasolina doncs la corba s'assemblarà a la del dièsel.

Finalment la corba dels vehicles elèctrics és la més diferents a les altres, l'entrega de potència és més ràpida i un cop arriba al seu màxim, aquesta no disminueix bruscament com les altres sinó que es manté gairebé constant.

3.1.3. Parell

Tot seguit, en la Gràfica 3, es poden observar les corbes de parell de les energies per tal de comparar les seves diferències tal com s'ha fet per les potències anteriorment:



Gràfica 3: Corbes de parell dels motors

De la comparació de les corbes de parell feta anteriorment, podem extreure tres conclusions bàsiques.

La primera és que, en aquest cas; la gasolina, el bio etanol, el GLP i el Gas Natural tenen una corba més plana al llarg de les revolucions del motor, assolint el seu màxim a unes 3000 rpm. Aquests motors no es caracteritzen per tenir un parell gaire pronunciat.

La segona és que el dièsel i el bio dièsel tenen una corba molt més diferenciada a les alternatives anteriors. Aquests motors proporcionen un parell motor més elevat a baixes revolucions però a partir del seu màxim entre unes 2500 i 3000 rpm, aquest parell disminueix progressivament.

I finalment, la tercera conclusió, és que el motor elèctric ofereix el màxim parell des de zero revolucions. En aquest cas, es sol dir que els vehicles elèctrics tenen el par instantani, és a dir, com que el motor elèctric funciona a partir de la primera revolució també proporciona moviment des d'aquesta, fent que el vehicle es mogui en l'instant en què es trepitja el pedal de l'accelerador. L'únic punt en contra és que a partir d'unes revolucions el parell disminueix gradualment a mesura que augmenta el règim del motor.

Pel que fa el vehicle híbrid, la corba de parell s'ajustarà per tal de que el vehicle funcioni sempre en la zona de màxim parell possible, ja sigui amb el motor elèctric o amb el de gasolina. La combinació dels dos fa que inicialment el motor elèctric proporcionï un parell instantani fins a unes certes revolucions, a partir d'aquestes el motor de gasolina és el que funciona amb una zona de parell superior.

3.2. Consum i autonomia

Un altre punt a tenir en compte a l'hora de comparar les energies, és el consum que tenen en el motor i l'autonomia que poden proporcionar al vehicle per tal de fer el màxim de quilòmetres possibles sense reomplir el dipòsit o recarregar les bateries en el cas dels elèctrics.

Actualment les persones tenen molt en compte aquests dos aspectes en el moment d'adquirir un vehicle i escollir per quina energia de propulsió es decanten, ja que un vehicle que tingui un consum baix i una autonomia alta és el vehicle desitjat per la majoria.

Per tant els fabricants de vehicles cada cop estan desenvolupant més els motors per tal de disminuir el consum i augmentar l'autonomia, cosa que també ha ajudat la inserció de les noves alternatives de propulsió dels vehicles.

El consum de cada vehicle bàsicament depèn de la cilindrada, la potència i el pes, depenent d'aquests tres factors el motor ja té un consum predeterminat per tal de que el motor funcioni en condicions òptimes. Però també depèn molt de la conducció de l'usuari, un mateix vehicle amb el mateix motor pot tenir un consum totalment diferents depenent de la persona que el condueixi. Per tant les dades de consum que ens proporciona el fabricant sempre són aproximades i teòriques, sempre realitzant una conducció suau i gens agressiva.

Per analitzar el consum de cada energia, es prendrà com a mesura un motor de cilindrada i potència relativament petita, que bàsicament, són els que utilitzen la majoria de turismes que circulen actualment.

Per a fer una comparació més ajustada, es realitzarà una cerca de varis models de diferents fabricants per cada una de les energies de propulsió, per tal d'ampliar l'abast de la comparació. Les dades seran extretes de la informació que proporciona el fabricant en les seves fitxes tècniques de cada vehicle.

Per aquesta comparació s'agafarà la dada del consum mixt, la qual és una combinació entre el consum urbà i l'interurbà.

A continuació a la Taula 9, hi ha els tipus de vehicle i el seu motor, amb el consum de cada un, i finalment la mitjana de cada energia:

Energia	Model vehicle i tipus de motor	Consum Combustible (litres/100km)		Mitjana	
		GLP	Gasolina		
Gasolina	Citroën C3 / 1.2 puretech 82 CV	4,5		5	
	Volkswagen Polo / 1.2 TSI 90 CV	4,7			
	Renault Clio / 1.2 16v 75 CV	5,6			
	Ford Fiesta / 1.25 Duratec 82 CV	5,2			
Dièsel	Citroën C3 / 1.6 HDI 90 CV	4		3,6	
	Volkswagen Polo / 1.4 TDI 90 CV	3,4			
	Renault Clio / 1.5 DCI 90 CV eco2	3,5			
	Ford Fiesta / 1.5 Duratorq TDCI 95 CV	3,6			
Bio dièsel (B5,B10)	Citroën C4 / 1.6 HDI 92 CV	4,2		3,9	
	Volkswagen Golf / 1.6TDI 105 CV	3,8			
	Renault Mégane / 1.5 DCI 95 CV eco2	4,1			
	Ford Focus / 1.5 TDCI E6 95 CV	3,8			
Bio Etanol (5%)	Citroën C1 / 1.2 82 CV	4,3		5,1	
	Volkswagen Golf / 1.2 TSI 105 CV	5,7			
	Renault Clio / 1.2 75 CV Bioetanol	5,8			
	Ford Focus / 1.0 Ecoboost 100 CV	4,6			
		GLP	Gasolina		
GLP	Citroën C3 / 1.4 GLP 95 CV	8,1	5,8	7,3	5,7
	Volkswagen Polo BiFuel / 1.4 TSI 82 CV	8,1	6,1		
	Dacia Sandero / 1.2 16v 75 CV	6,2	4,9		
	Ford Fiesta / 1.4 Duratec 92 CV	7	6		
		GNC	Gasolina		
Gas Natural	Citroën C3 / 1.4 NGC 75 CV	6,6	6,5	6,1	5,8
	Volkswagen Golf TGI / 1.4 TSI 110 CV	5,5	5,3		
	Seat Leon / 1.4 TGI GNC 110 CV	5,8	5,2		
	Fiat Grande Punto / 1.4 70 CV	6,4	6,3		
Híbrid	Citroën DS5 híbrid	3,9		3,3	
	Volkswagen Golf GTE	1,6			
	Toyota Auris Híbrid	3,5			
	Honda Insight Híbrid	4,5			
		Consum Elèctric			
Elèctric	Citroën C-Zero 67 CV	126 Wh/km		131,5 Wh/km	
	Volkswagen e-up 82 CV	117 Wh/km			
	Renault ZOE 88 CV	133Wh/km			
	Nissan Leaf 109 CV	150Wh/km			

Taula 9: Consums mitjans de totes les energies comparant diferents fabricants

A partir dels consums trobats per a cada energia de la taula anterior, podem calcular l'autonomia aproximada que tindrà cada una d'elles fent el càlcul adient.

Suposarem que la capacitat del dipòsit és la mateixa per a tots els exemples, tot i que solen variar depenent del model de vehicle i del combustible que utilitzen, així s'observarà la diferència que hi ha entre elles més clarament.

Se suposarà que la quantitat del dipòsit són 40 litres per totes les energies, excepte per el cas del GLP que serà de 30 litres i el del gas natural de 25 litres.

El cas dels elèctrics és diferents ja que depèn de la capacitat de la bateria de cada vehicle. Les capacitats de les bateries del models de la taula són: 15, 19, 22 i 30kWh respectivament. Si fem la mitjana ens surt 21,5kWh de capacitat, dada que s'utilitzarà per el càlcul d'autonomia.

- **El càlcul a realitzar és el següent:**

Aquest és el càlcul per a totes les energies excepte els elèctrics que no tenen dipòsit de combustible. Per el cas dels vehicles que utilitzen GLP i Gas Natural que utilitzen un dipòsit amb cada combustible, s'haurà de fer el càlcul per a cada un d'ells i sumar les autonomies per obtenir la total.

$$\rightarrow (\text{Quantitat del dipòsit} / \text{Consum}) * 100 = \text{Autonomia (km)}$$

En el cas dels elèctrics, és el següent:

$$\rightarrow (\text{Capacitat bateria (Wh)} / \text{Consum Elèctric (Wh/km)}) = \text{Autonomia (km)}$$

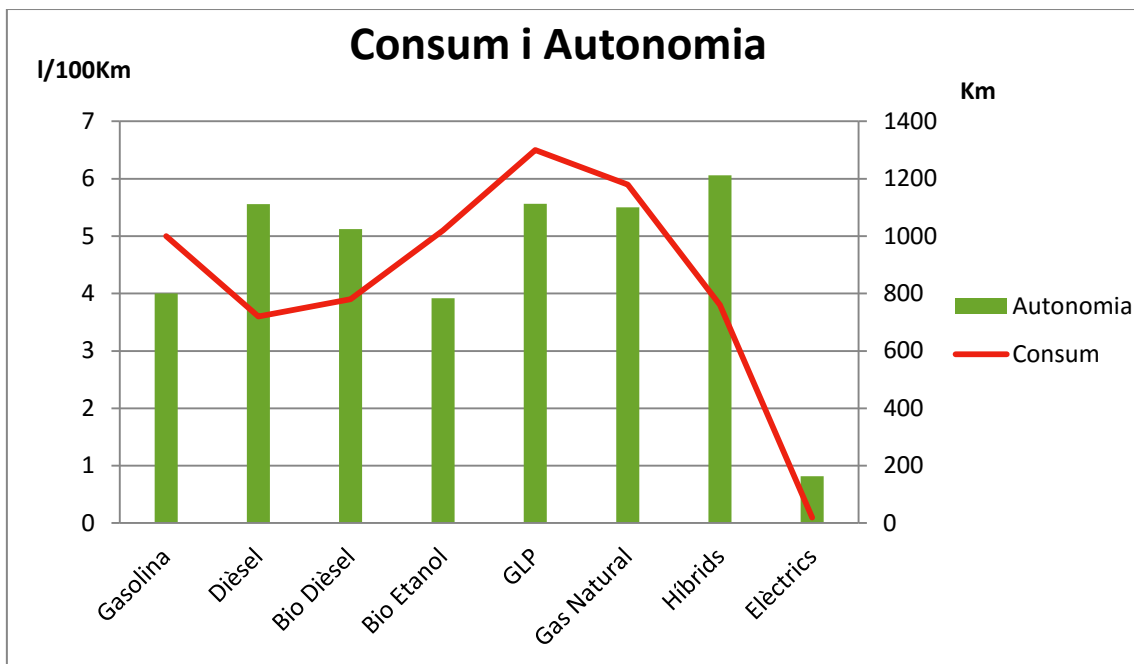
A continuació a la Taula 10, es presenten els resultats de l'autonomia de cada una de les energies utilitzant les fórmules indicades anteriorment per a la realització del càlcul:

Energia	Càlcul	Autonomia (km)
Gasolina	$(40 / 5) * 100$	800
Dièsel	$(40 / 3,6) * 100$	1111
Bio dièsel	$(40 / 3,9) * 100$	1025
Bio Etanol	$(40 / 5,1) * 100$	784
GLP	Gasolina = $(40 / 5,7) * 100$ GLP = $(30 / 7,3) * 100$	702 + 411 = 1113
Gas Natural	Gasolina = $(40 / 5,8) * 100$ GNV = $(25 / 6,1) * 100$	690 + 410 = 1100
Híbrid	$(40 / 3,3) * 100$	1212
Elèctric	$(21500\text{Wh} / 131,5\text{Wh})$	163

Taula 10: Autonomia de cada energia

En la taula anterior es poden observar les autonomies de cada una de les energies, tenint en compte que els consums són teòrics i que la capacitat del dipòsit és orientativa. Aquests resultats es poden veure afectats si la capacitat del dipòsit varia i si la conducció del vehicle no és suau i tranquil·la. També variaran si la circulació només és urbana, que en aquest cas l'autonomia disminuiria.

Tot seguit en la Gràfica 4, es representaran els valors dels consums i de les autonomies de cada energia i es farà la comparació per veure les diferències:



Gràfica 4: Consum i autonomia de les energies

Les conclusions que es poden extreure del gràfic anterior són les següents:

- Primer de tot el què es veu és que els vehicles elèctrics no tenen consum de combustible, ja que consumeixen electricitat, però alhora no tenen una bona autonomia. El màxim d'aquests vehicles pot aproximar-se als 200 quilòmetres, tot i que hi ha algun model com el Tesla Model S, que pot arribar a fer uns 400 quilòmetres. En el cas dels vehicles elèctrics l'autonomia pot variar molt segons la bateria.
- En segon lloc amb els consums més baixos, els vehicles que utilitzen dièsel, bio dièsel i els híbrids, que no superen els 4 litres per cada 100 quilòmetres, aconsegueixen una autonomia molt elevada, que depenent de les característiques del vehicle i de la conducció de l'usuari, pot arribar a superar els 1000 quilòmetres.

- En tercer lloc la gasolina i el bio etanol es queden un mica enrere respecte a les altres, ja que amb un consum més elevat es veu limitada la seva autonomia, tot i així alguns vehicles podrien assolir els 800 quilòmetres amb un dipòsit.
- Finalment es pot observar que el GLP i el Gas natural tot i tenir un consum molt elevat també aconsegueixen una autonomia al voltant dels 1000 quilòmetres, semblant a la del vehicle dièsel o híbrid. Això és degut als dos dipòsits que porten, amb el de gasolina poden arribar a fer entre un 600 i 700 quilòmetres, i amb el de GLP o Gas Natural uns 400 quilòmetres més aproximadament. Per tant aquests tipus de vehicles també es caracteritzen per la seva elevada autonomia.

3.3. Grau de desenvolupament tecnològic i de les infraestructures

El grau de desenvolupament tecnològic indicarà la importància i la dedicació que presten els fabricants a buscar alternatives i solucions per millorar cada una de les energies.

Aquest desenvolupament serà diferent en cada una de les energies ja que algunes d'elles sempre s'han utilitzat i estan més avançades, d'altres que han sorgit en els darrers anys però tot i així els fabricants les desenvolupen amb rapidesa ja que en un futur podrien ser les capdavanteres.

D'altra banda les infraestructures són les instal·lacions necessàries per tal de que les diferents energies puguin arribar al consumidor. Aquestes depenen de la inversió i la demanda de cada país, segons la quantitat de vehicles que hi hagi de cada energia hi haurà més o menys infraestructures.

En aquest apartat es compararan aquests dos graus de desenvolupament de cada una de les energies a Espanya, per tal d'observar si hi ha diferència entre elles i quines mancances hi pugui haver.

Per realitzar-ho, es durà a terme una taula on hi constarà el nivell de desenvolupament i infraestructura de cada una de les energies. Hi haurà cinc nivells que seran: molt baix, baix, moderat, alt i molt alt.

En la Taula 11, es poden observar els graus de desenvolupament tecnològic i de les infraestructures de cada una de les energies, seguint els cinc nivells establerts anteriorment:

Energia	Grau de desenvolupament tecnològic	Grau de desenvolupament de la infraestructura
Gasolina	Molt alt	Molt alt
Dièsel	Molt alt	Molt alt
Bio dièsel	Molt alt	Alt
Bio etanol	Molt alt	Baix
GLP	Alt	Moderat
Gas Natural	Alt	Baix
Híbrids	Molt alt	Molt alt
Elèctrics	Alt	Baix

Taula 11: Grau de desenvolupament tecnològic i de les infraestructures de cada energia

A partir de la taula anterior, el grau de desenvolupament tecnològic i de les infraestructures de cada una de les diferents energies de propulsió de vehicles són els següents:

- La gasolina i el dièsel tenen un grau de desenvolupament tecnològic molt alt, perquè són les dues principals energies de propulsió de vehicles des de fa molts anys. En conseqüència a això les infraestructures a Espanya també tenen un grau de desenvolupament molt alt, per tal de poder abastir tots els vehicles que funcionen amb aquestes energies.
- El bio dièsel i el bio etanol tenen un grau de desenvolupament tecnològic molt alt ja que cada cop més motors poden utilitzar aquests combustibles en un percentatge més elevat mesclats amb dièsel i gasolina respectivament. Pel que fa a les infraestructures, a Espanya hi ha un nombre molt reduït d'estacions que subministrin bio etanol, en canvi, en el cas del bio dièsel existeixen moltes estacions que el subministren.

- El GLP també té un grau alt de desenvolupament tecnològic perquè cada cop s'està apostant més per aquesta energia alternativa tot i que la majoria són vehicles adaptats i a més les infraestructures que ofereixen GLP són molt limitades cosa que no incita gaire a la inversió de vehicles d'aquest tipus.
- El Gas Natural té un grau de desenvolupament tecnològic alt, gràcies a que molts vehicles ja estan dissenyats i fabricats per utilitzar gas natural sense haver de realitzar cap modificació en el motor. Però les infraestructures són molt escasses.
- Els vehicles híbrids tenen un grau de desenvolupament molt alt ja que la majoria de fabricants d'automòbils han apostat per aquesta opció i pràcticament tots tenen algun model en el mercat. Les infraestructures que utilitzen aquests vehicles són les convencionals perquè funcionen o bé amb gasolina o dièsel i per això no tenen problema en aquest aspecte.
- El vehicles elèctrics actualment tenen un grau de desenvolupament alt, tot i que es preveu que augmenti, tot depèn del desenvolupament de les bateries per tal de millorar el punt feble d'aquests vehicles que és l'autonomia. Per la majoria d'aquests vehicles no és necessari una infraestructura perquè es poden connectar a la xarxa elèctrica directament, no obstant, seria bo una inversió en infraestructures en grans ciutats per tal de que hi hagin punts de càrrega en els carrers.

3.4. Costos de l'energia

El cost de l'energia és aquell que s'estableix basant-se en els costos de tots els aspectes que formen part del procés d'obtenció, des de l'extracció de la matèria primera fins al producte final.

El cost final de cada una de les energies està sotmès als costos d'extracció de la matèria primera, la producció del combustible, el transport i distribució, a continuació els impostos que hi afegeix cada país i finalment el marge de benefici dels venedors de cada energia. Tots aquests costos conformen el preu de l'energia que tots els consumidors han de pagar per a la seva utilització en el vehicle.

Els costos d'aquestes energies es veuen molt influïts segons com vagi el mercat internacional. Per exemple en el cas de les energies que deriven del petroli, aquestes estan molt lligades al preu del barril de cru, que acaba sent directament proporcional al preu final dels combustibles. I en canvi, per els vehicles elèctrics el cost pot dependre de la franja horària del dia en què es carreguin les bateries.

El cost final també depèn de l'empresa venedora i de la regió en què es trobi ubicada, tenint un preu més elevat en capitals de províncies importants i més poblades i inferior en altres punts més rurals.

En aquest apartat s'intentarà saber el cost de cada una de les energies a Espanya i Catalunya. Així es podrà saber quina de les energies és més cara pel consumidor i el cost per quilòmetre en el moment en què s'utilitza en el vehicle.

Tot seguit, en la Taula 12, s'exposarà un exemple de comparació entre dues capitals com són Madrid i Barcelona, i dues ciutats no tant poblades ni tant importants per tal de veure la diferència de preu que hi pot haver només pel canvi de zona geogràfica.

S'ha observat el preu de punts de venda de cada zona, fent la mitjana de unes quantes mostres si era necessari, tot i així són preus del mes de maig de 2016, els quals podrien variar tan si fossin anteriors a aquesta data com si són posteriors.

Per tant aquest cost serà aproximat i sempre dependrà de quan s'observin els preus, ja que aquests no es mantenen sempre constants.

Pel què fa al preu de l'electricitat, aquesta mai és constant, sempre depèn de la franja horària i de la demanda que hi hagi, en la taula es posa el preu mig del dia 12 de Maig de 2016.

Energia	Preu (€/litre)				
	Madrid	Barcelona	Voltants de València	Igualada	Mitjana
Gasolina	1,198	1,200	1,165	1,132	1,174
Dièsel	1,050	1,045	0,969	1,010	1,018
Bio dièsel	1,059	1,014	1,110	0,989	1,043
Bio etanol	1,223	1,442	1,203	1,196	1,266
GLP	0,599	0,544	0,601	0,548	0,573
Gas Natural	0,828	0,828	0,813	0,759	0,807
Electricitat	0,08623 €/kWh				

Taula 12: Comparació del preu de l'energia segons zona geogràfica

En tots aquests preus ja hi ha inclosos els impostos, en el preu base del combustible si suma un impost especial i tot seguit l'IVA corresponent. Per veure un exemple de com es desglossa el preu, en la Figura 16, es poden observar les diferents parts que componen el preu de la gasolina i el gasoil, diferenciant les part de costos de producció i d'impostos.

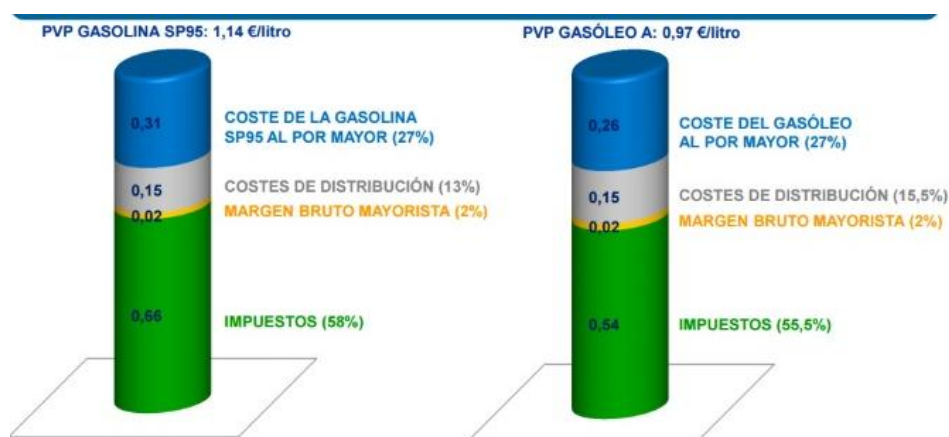


Figura 16: Desglossament del preu de la Gasolina i el Gasoil

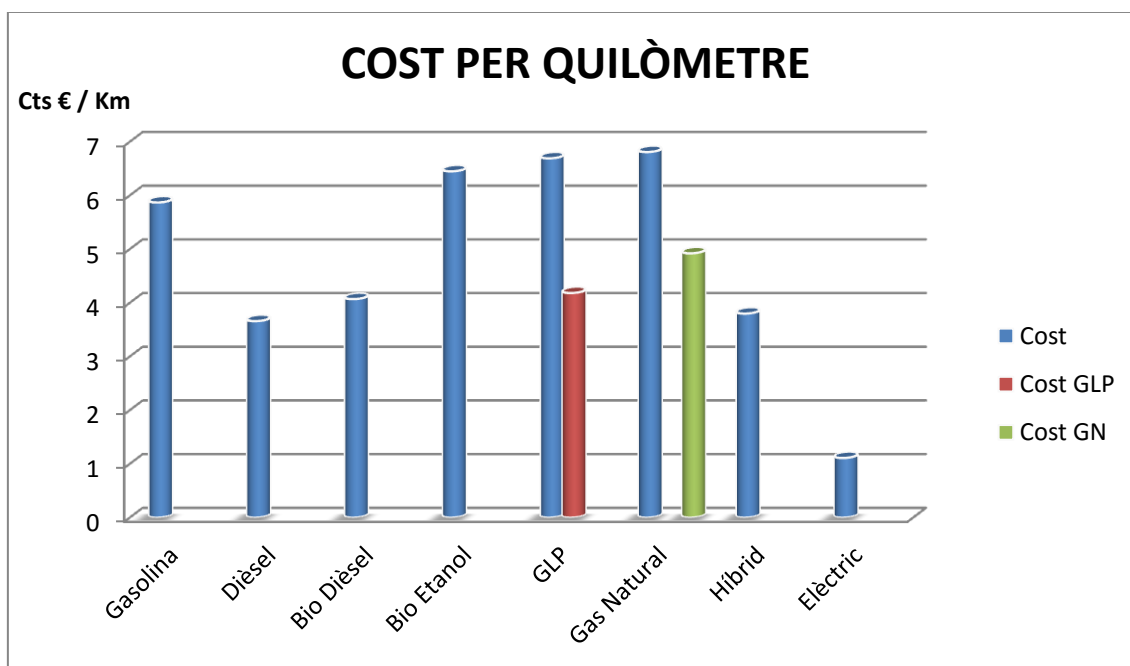
Després de comparar els preus de les energies, s'ha de comparar quin cost té cada una d'elles per cada quilòmetre recorregut, utilitzant el consum d'aquestes.

Per a procedir a fer el càlcul, es realitzarà la Taula 13 utilitzant els valors mitjans del consum i del preu de cada una de les energies. Tal i com es pot observar tenen un cost per quilòmetre molt variable entre elles.

Energia	Càlcul	Cost per quilòmetre (€/km)
Gasolina	$(5 / 100) * 1,174$	0,0587
Dièsel	$(3,6 / 100) * 1,018$	0,0366
Bio dièsel	$(3,9 / 100) * 1,043$	0,0407
Bio Etanol	$(5,1 / 100) * 1,266$	0,0645
GLP	Gasolina = $(5,7/100)*1,174$ GLP = $(7,3 / 100) * 0,573$	Gasolina = 0,06692 GLP = 0.04183
Gas Natural	Gasolina = $(5,8/100)*1,174$ GNV = $(6,1/100) * 0,807$	Gasolina = 0.068092 GNV = 0.049227
Híbrid	$(3,3 / 100) * 1,174$	0,038
Elèctric	$(131,5Wh/1000) * 0,08623$	0,0113

Taula 13: Cost per quilòmetre de les energies

Per acabar aquest apartat, es compararan els costos de la taula anterior en la Gràfica 5, per fer la observació de quina d'elles té el cost més baix i quina el més elevat:



Gràfica 5: Cost per quilòmetre recorregut de cada energia

La primera conclusió que es pot extreure de la gràfica anterior, és que els vehicles elèctrics són els que tenen un cost per quilòmetre més baix, al voltant de 1 cèntim d'euro, tot i l'inconvenient de la seva baixa autonomia respecte els altres és el que surt més rentable en aquest aspecte.

En segon lloc hi ha els vehicles que utilitzen dièsel i bio dièsel. Degut al seu baix consum el cost per quilòmetre disminueix tot i que el preu pel litre de combustible sigui alt. Els vehicles híbrids tindrien una semblança de cost amb els anteriors, tot i utilitzar gasolina, el baix consum que té el vehicle gràcies a l'aportació del motor elèctric fa que el cost per quilòmetre es vegi reduït considerablement.

Després hi hauria la gasolina i el bio etanol que són de les que tenen el cost més elevat degut a l'alt preu i a un consum superior a les altres alternatives.

Finalment l'última conclusió és que els vehicles que utilitzen GLP i Gas natural tenen un cost per quilòmetre molt elevat quan utilitzen l'opció de la gasolina. Aquest cost pot estar al voltant entre els 7 i els 8,5 cèntims d'euro per quilòmetre recorregut. Això podria ser causa del pes afegit que tenen aquests vehicles per culpa del dipòsit secundari, les tuberies i components extres en el motor. No obstant, quan utilitzen l'opció del GLP el cost disminueix dràsticament, posicionant-se a l'altura dels vehicles dièsel o híbrids, i els que utilitzen l'opció del Gas Natural aconseguixen un cost lleugerament per sobre d'aquests.

3.5. Costos de manteniment

El manteniment del vehicle és un dels aspectes més importants a tenir en compte. En aquest apartat s'intentarà buscar el cost de manteniment de cada una de les energies per tal de saber quina d'elles requereix un manteniment més exhaustiu al llarg de la vida del motor.

De manteniment, se'n poden diferenciar tres tipus diferents: el manteniment predictiu, el manteniment preventiu i el manteniment correctiu o d'emergència. Aquests tres tipus de manteniment es diferencien entre ells per el caràcter de les tasques a realitzar en el moment en què es fa el manteniment.

- **El manteniment predictiu:** és la sèrie d'accions que es duen a terme i les tècniques que s'apliquen per tal de detectar possibles fallades o defectes de l'element o màquina que s'analitzi, per així poder evitar aquestes fallades o també que es produeixin parades d'emergència. Per exemple, en l'automòbil, aquest manteniment es veu aplicat quan analitzem paràmetres del vehicle, com temperatura, desgast d'elements o vibracions i sorolls anormals els quals poden fer que sorgeixi algun problema.

- **El manteniment preventiu o programat:** aquest manteniment és el destinat a la conservació dels equips o elements mitjançant la realització de revisions i reparacions, les quals van en funció del quilometratge, per temps o per hores de funcionament, que garanteixin el seu bon funcionament i fiabilitat.
En aquest cas, si ho analitzem des del punt de vista de l'automòbil, aquest manteniment és el més habitual i el que s'ha de fer normalment. Les accions que el formen són: les revisions de canvi d'oli, canvi de la corretja de distribució, entre d'altres, són accions que es fan cada determinats quilòmetres segons indiqui el fabricant o el taller responsable de la reparació.
- **El manteniment correctiu o d'emergència:** és el manteniment que corregeix els defectes observats en els equips o elements. És la forma més bàsica de manteniment i consisteix en localitzar averies o defectes i corregir-los o reparar-los. Aquest manteniment es realitza després de que s'ocasioni una averia o una fallada que per la seva naturalesa no s'ha pogut planificar a temps.
En el cas de l'estudi, seria quan un vehicle té una averia o una fallada inesperada. Aquest manteniment pot ocasionar un temps de reparació elevat i també un alt cost, ja que un cop s'ha produït l'averia el taller haurà de diagnosticar-la, determinar l'acció correctora a realitzar, aconseguir el recanvi i procedir a la reparació.

El manteniment a realitzar dependrà del vehicle i de l'estat d'aquest, els tres manteniments explicats anteriorment solen ser inevitables en tots els vehicles, tot depèn de si es realitza un bon manteniment predictiu i preventiu per tal d'evitar realitzar un manteniment correctiu.

En el present estudi només s'analitzarà el manteniment preventiu ja que és el que es realitza cada període de temps o segons el quilometratge i és el que té més importància en el vehicle. El manteniment predictiu dependrà de cada taller a l'hora d'aplicar-lo i el manteniment correctiu no es pot determinar amb exactitud, ja que no se sap quan fallarà o si fallarà un element i quin d'ells serà.

En el vehicle també hi ha molts elements que formen part del manteniment preventiu. Aquest estudi es centrarà en la part del motor i els seus components que són els que poden variar segons el tipus d'energia de propulsió.

Per tant, l'objectiu d'aquest apartat serà obtenir el cost del manteniment preventiu centrat en el motor i els seus components, per tal de saber quina de les energies necessita un major manteniment.

Es durà a terme un estudi de cada energia on es determinarà cada una de les accions que s'han de realitzar al llarg de la vida del motor. Es prendrà com a referència de vida útil del motor els 250.000 quilòmetres o 10 anys ja que són les xifres més habituals que poden arribar tots els vehicles, tot i que hi ha vehicles que superen aquesta xifra fàcilment. Es prendran exemples de vehicles de cilindrada i potència relativament petita, com podrien ser alguns que s'han vist en apartats anteriors.

A continuació es realitzaran diferents taules per cada una de les energies on hi constaran les accions a realitzar, el quilometratge de quan s'han de fer i el cost aproximat de cada acció per finalment comparar el cost de manteniment de cada una.

A continuació a les Taules 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 i 21 es desglossa el manteniment preventiu dels vehicles que utilitzen com a energia de propulsió la gasolina, el dièsel, el bio dièsel, el bio etanol, el GLP, el Gas Natural, els híbrids i els elèctrics respectivament:

Energia	Període (Km)	Tasca a realitzar	Cost (€)	Cost total (€)
Gasolina	Cada 25.000	- Canviar l'oli del motor - Canviar filtre d'oli i habitacle - Repassar nivells dels líquids (fre, refrigerant, direcció, caixa de canvis)	178	1780
	Cada 50.000	- Canviar bugies d'encesa - Canviar filtre d'aire i gasolina	109	545
	Als 75.000	- Comprovar PH del refrigerant, canviar si és necessari	22	66
	Cada 150.000	- Canviar corretja de distribució (corretja, tensors i politges) - Canviar corretja d'accessoris - Canviar bomba d'aigua - Substituir líquid refrigerant	289	289
Cost total				2680

Taula 14: Manteniment preventiu vehicle gasolina

Energia	Període (Km)	Tasca a realitzar	Cost (€)	Cost total (€)
Dièsel	Cada 20.000	- Canviar l'oli del motor - Canviar filtre d'oli i habitacle - Repassar nivells dels líquids (fre, refrigerant, direcció, caixa de canvis)	183	2196
	Cada 40.000	- Canviar filtre de gasoil i aire - Afegir un pot d'additiu al dipòsit	132	792
	Cada 60.000	- Revisar les bugies d'incandescència, substituir-les si és necessari	94	376
	Cada 120.000	- Revisar la vàlvula EGR, netejar-la o canviar-la si és necessari	220	440
	Cada 160.000	- Canviar corretja de distribució (corretja, tensors i politges) - Canviar corretja d'accessoris - Canviar bomba d'aigua - Substituir líquid refrigerant	375	375
Cost total				4179

Taula 15: Manteniment preventiu vehicle dièsel

Energia	Període (Km)	Tasca a realitzar	Cost (€)	Cost total (€)
Bio dièsel (B5, B10, B20)	Cada 20.000	- Canviar l'oli del motor - Canviar filtre d'oli i habitacle - Repassar nivells dels líquids (fre, refrigerant, direcció, caixa de canvis)	183	2196
	Cada 40.000	- Canviar filtre de gasoil i aire	116	696
	Cada 60.000	- Revisar les bugies d'incandescència, substituir-les si és necessari	94	376
	Cada 120.000	- Revisar la vàlvula EGR, netejar-la o canviar-la si és necessari	220	440
	Cada 160.000	- Canviar corretja de distribució (corretja, tensors i politges) - Canviar corretja d'accessoris - Canviar bomba d'aigua - Substituir líquid refrigerant	375	375
Cost total				4083

Taula 16: Manteniment preventiu vehicle Bio dièsel (B5)

Energia	Període (Km)	Tasca a realitzar	Cost (€)	Cost total (€)
Bio etanol (E5, E10)	Cada 25.000	- Canviar l'oli del motor - Canviar filtre d'oli i habitacle - Repassar nivells dels líquids (fre, refrigerant, direcció, caixa de canvis)	178	1780
	Cada 50.000	- Canviar bugies d'encesa - Canviar filtre de gasolina i aire - Revisar estat de juntes i conductes	116	580
	Als 75.000	- Comprovar PH del refrigerant, canviar si és necessari	22	66
	Cada 150.000	- Canviar corretja de distribució (corretja, tensors i politges) - Canviar corretja d'accessoris - Canviar bomba d'aigua - Substituir líquid refrigerant	289	289
Cost total				2715

Taula 17: Manteniment preventiu vehicle Bio etanol (5% etanol)

Energia	Període (Km)	Tasca a realitzar	Cost (€)	Cost total (€)
GLP	Cada 30.000	- Canviar l'oli del motor - Canviar filtre d'oli i habitacle - Repassar nivells dels líquids (fre, refrigerant, direcció, caixa de canvis) - Control de fugues	185	1480
	Cada 60.000	- Canviar el filtre d'aire, gasolina - Afegir additiu per evitar que es ressequin les vàlvules - Canviar filtre GLP - Purgar la vàlvula d'expansió	104	416
	Cada 90.000	- Canviar bugies d'encesa - Revisar el dipòsit de GLP, les conduccions i el regulador-evaporador	98	196
	Cada 150.000	- Canviar corretja de distribució (corretja, tensors i politges) - Canviar corretja d'accessoris - Canviar bomba d'aigua - Substituir líquid refrigerant	289	289
Cost total				2381

Taula 18: Manteniment preventiu vehicle GLP

Energia	Període (Km)	Tasca a realitzar	Cost (€)	Cost total (€)
Gas Natural	Cada 30.000	- Canviar l'oli del motor - Canviar filtre d'oli i habitacle - Repassar nivells dels líquids (fre, refrigerant, direcció, caixa de canvis)	178	1424
	Cada 60.000	- Canviar el filtre d'aire, gasolina - Afegir additiu per evitar que es ressequin les vàlvules - Comprovar pressió del regulador	69	276
	Cada 90.000	- Canviar bugies d'encesa - Canviar el filtre del circuit de gas.	101	202
	Cada 150.000	- Canviar corretja de distribució (corretja, tensors i politges) - Canviar corretja d'accessoris - Canviar bomba d'aigua - Substituir líquid refrigerant - Revisar el dipòsit de gas, les conduccions del gas i el funcionament de les vàlvules de seguretat. - Control de fugues del circuit de gas.	405	405
Cost total				2307

Taula 19: Manteniment preventiu vehicle a Gas Natural

Energia	Període (Km)	Tasca a realitzar	Cost (€)	Cost total (€)
Híbrids	Cada 30.000	- Canviar l'oli del motor - Canviar filtre d'oli, aire, gasolina - Repassar nivells dels líquids (fre, refrigerant, direcció, caixa de canvis) - Revisió general del sistema híbrid	235	1880
	Cada 60.000	- Canviar bugies d'encesa	65	260
	Cada 120.000	(Si en porten) - Canviar corretja de distribució (corretja, tensors i politges) - Canviar corretja d'accessoris - Canviar bomba d'aigua - Substituir líquid refrigerant	290	290
Cost total				2430

Taula 20: Manteniment preventiu vehicle híbrid

Energia	Període (Km)	Tasca a realitzar	Cost (€)	Cost total (€)
Elèctrics	Cada 20.000	- Canviar el filtre d'habitacle - Revisió general dels components del vehicle - Carregar bateria	122	1464
	Cada 100.000	- Canviar l'oli de la caixa de canvis	90	180
	Als 170.000	- Canviar líquid refrigerant de les bateries	51	51
	-	- Canviar la bateria del vehicle	6.000	6000
Cost total				1695

Taula 21: Manteniment preventiu vehicle elèctric

En cada una de les energies s'ha calculat el cost aproximat de cada operació a realitzar en els quilòmetres determinats pel fabricant. Els costos tenen establerts una mà d'obra de 40€ l'hora i també tenen el 21% d' IVA inclòs.

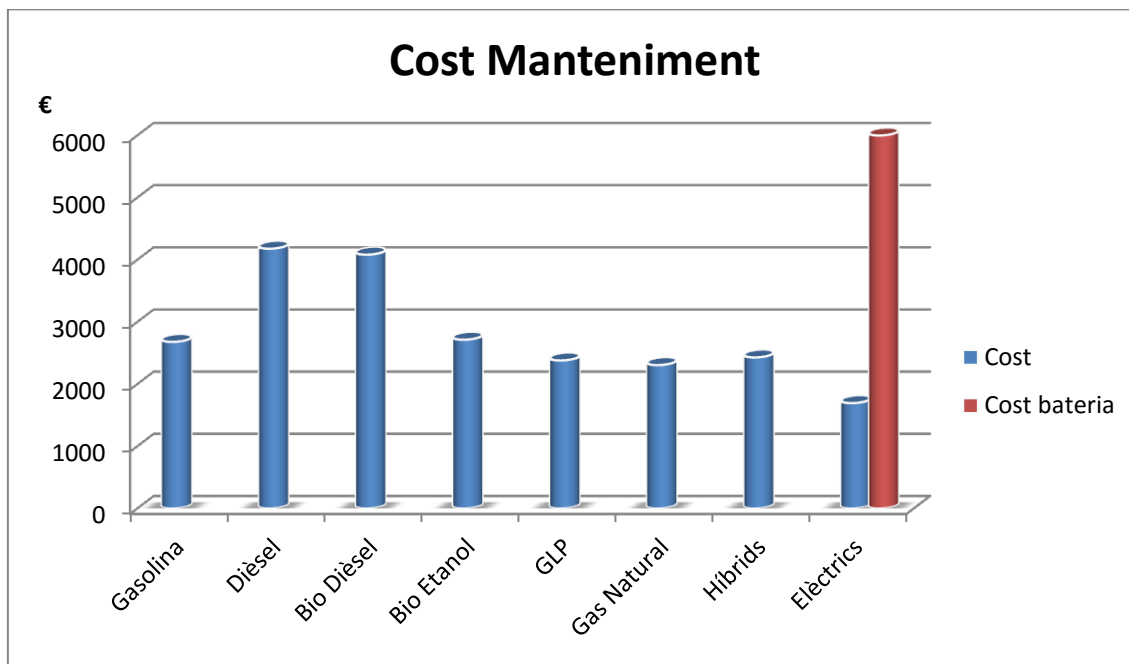
Però aquestes operacions es realitzaran varies vegades al llarg de la vida del vehicle, que es va estimar que era de 250.000 quilòmetres, per tant per saber el cost total, s'ha de multiplicar el cost individual de cada operació que es realitza en els quilòmetres determinats per el nombre de vegades que es durà a terme durant la vida útil del vehicle.

Finalment en cada taula hi ha el cost total aproximat un cop sumats tots els costos de manteniment de cada una de les operacions que es realitzen al llarg de la vida útil del motor.

Cal fer una aclariment ja que en aquest estudi comparatiu sobre els costos del manteniment no intervenen els elements relacionats amb els frens, la caixa de canvis, els pneumàtics, etc, cosa que faria pujar el cost del manteniment de totes i cada una de les energies, no s'ha tingut en compte ja que aquests aspectes no depenen directament de l'energia que utilitza el vehicle.

També cal dir que aquest cost de manteniment pot variar segons la marca i model del vehicle, la seva cilindrada i potència i també el cost de la mà d'obra del taller on es faci la reparació. Per exemple, no és el mateix realitzar el manteniment d'un Mercedes-Benz que d'un Citroën. O bé un motor 1.2 de 90 CV que un 2.0 de 150CV o reparar el vehicle en un taller oficial o un multi marca.

Tot seguit es farà la comparació dels costos de manteniment, tal com es pot apreciar en la Gràfica 6, de les diferents energies de propulsió:



Gràfica 6: Cost del manteniment de cada energia

Principalment el què es pot apreciar en la gràfica anterior és que existeix una gran diferència de costos de manteniment entre les diferents energies.

En primer lloc s'observa clarament que els vehicles que utilitzen dièsel i bio dièsel, tenen un cost de manteniment molt elevat. Això és degut a que tenen més components i alguns d'aquests bastant més cars, també perquè el manteniment es realitza amb intervals de quilòmetres inferiors per tant s'han de repetir més cops durant la vida del vehicle.

En segon lloc hi ha els vehicles que gasolina i bio etanol, i una mica per sota es troben els híbrids. Aquests redueixen el cost sobre els dièsel gairebé a la meitat, com que els manteniments tenen un interval més alt es realitzen menys vegades i la simplicitat d'un motor gasolina fa que el cost sigui molt inferior.

En tercer lloc els vehicles que utilitzen GLP i Gas Natural encara disminueixen més el cost de manteniment ja que quan utilitzen aquesta opció la combustió és més neta i més completa, cosa que allarga la durada d'alguns elements, com per exemple les bugies d'encesa.

Finalment l'opció que té el cost més baix és la dels vehicles elèctrics. Aquests no tenen pràcticament manteniment, ja que no s'ha de canviar oli ni filtres del motor, no té distribució, etc. Això permet tenir uns costos de manteniments molt inferiors a la resta.

Però aquests tenen un inconvenient que és la bateria, la qual no se sap si fallarà o no al llarg de la seva vida útil, i canviar-la suposa un cost elevadíssim.

Quan s'adquireix aquest vehicle es pot comprar o llogar la bateria. Si es lloga, la marca ofereix un contracte de lloguer d'aquesta i el propietari l'anirà pagant en mensualitats, si sorgeix qualsevol problema a la bateria la marca se'n fa responsable i la canvien sense cap cost per l'usuari.

Ara bé, si es compra la bateria quan es compra el vehicle, la marca dóna una garantia que sol ser d'uns 160.000 quilòmetres o entre un 6 i 8 anys, si durant aquests període passa alguna cosa la marca la canvia sense cap problema però si la bateria té un problema i ja no té garantia el propietari s'ha de fer responsable del cost que això suposa, i tal com es pot observar en la gràfica anterior no és que sigui molt barata.

Tot seguit a la Taula 22, es mostra el cost de manteniment preventiu per quilòmetre dels elements del motor de cada una de les energies. El cost obtingut de cada una es divideix entre 250.000 quilòmetres, valor estimat de vida útil del motor.

Energia	Cost (€)	Càlcul	Cost per quilòmetre (€/km)
Gasolina	2680	2680 / 250.000	0,01072
Dièsel	4179	4179 / 250.000	0,01672
Bio dièsel	4083	4083 / 250.000	0,01633
Bio etanol	2715	2715 / 250.000	0,01086
GLP	2381	2381 / 250.000	0,00952
Gas Natural	2267	2307 / 250.000	0,00923
Híbrids	2430	2430 / 250.000	0,00972
Elèctrics	1644	1695 / 250.000	0,00678

Taula 22: Cost per quilòmetre del manteniment de cada energia

3.6. Costos respecte el medi ambient

El medi ambient és un aspecte d'una importància molt elevada donades les circumstàncies en què es troba el Planeta. Malauradament tots els vehicles contaminen en certa mesura, fins i tot els vehicles elèctrics. Encara que aquests no contaminin en el període en què circulen, el problema és que per obtenir l'electricitat de què s'alimenten, s'utilitzen mètodes contaminants, com poden ser les centrals nuclears o les centrals tèrmiques. Per tant dir que els vehicles elèctrics no contaminen no és una afirmació del tot certa.

Actualment, gràcies a l'entrada d'energies alternatives per a la propulsió de vehicles, s'està aconseguint disminuir les emissions contaminants.

A més a més, els fabricants també treballen per desenvolupar mètodes per a la disminució de les emissions ja que des de fa anys a Europa es treballa aplicant normatives sobre les emissions dels vehicles. Actualment està activa la normativa EURO6 la qual planteja reduir les emissions d'òxids de nitrogen (NOx) i les partícules en suspensió (PM) emeses pels automòbils, en especial els dièsel que són els que els afecta més estrictament aquesta normativa.

En la Figura 17, es pot observar la gràfica de l'evolució de les emissions contaminants durant la història i com han disminuït amb l'aplicació de les normatives de la Unió Europea.

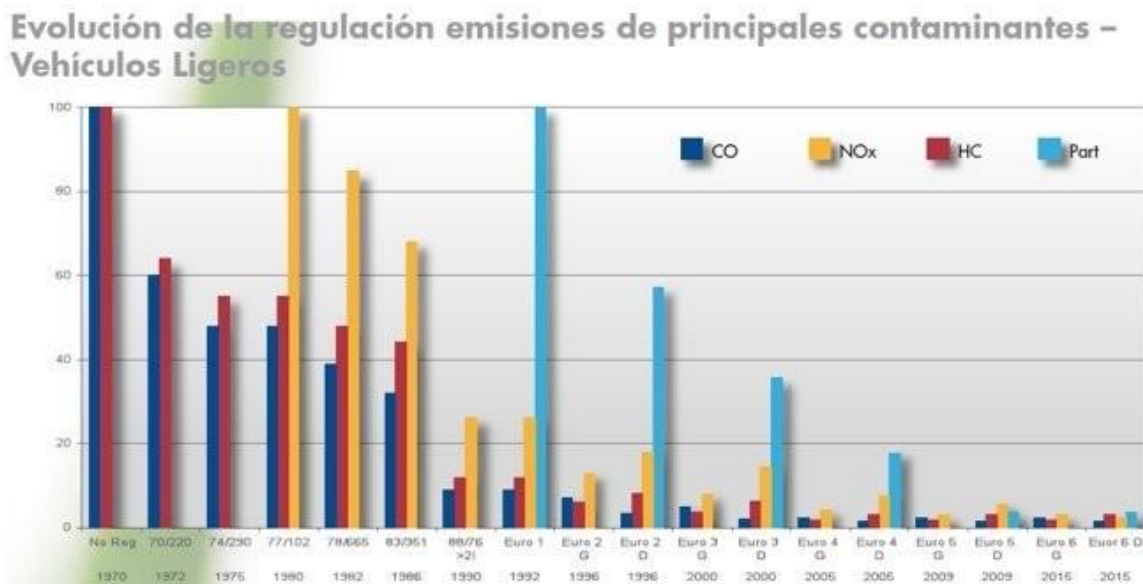


Figura 17: Evolució de les emissions contaminants

3.6.1. Quantitat d'emissions de CO2

Principalment totes les energies de l'estudi emeten el mateix tipus d'emissions contaminants, amb la diferència que la quantitat és diferent en cada una d'elles.

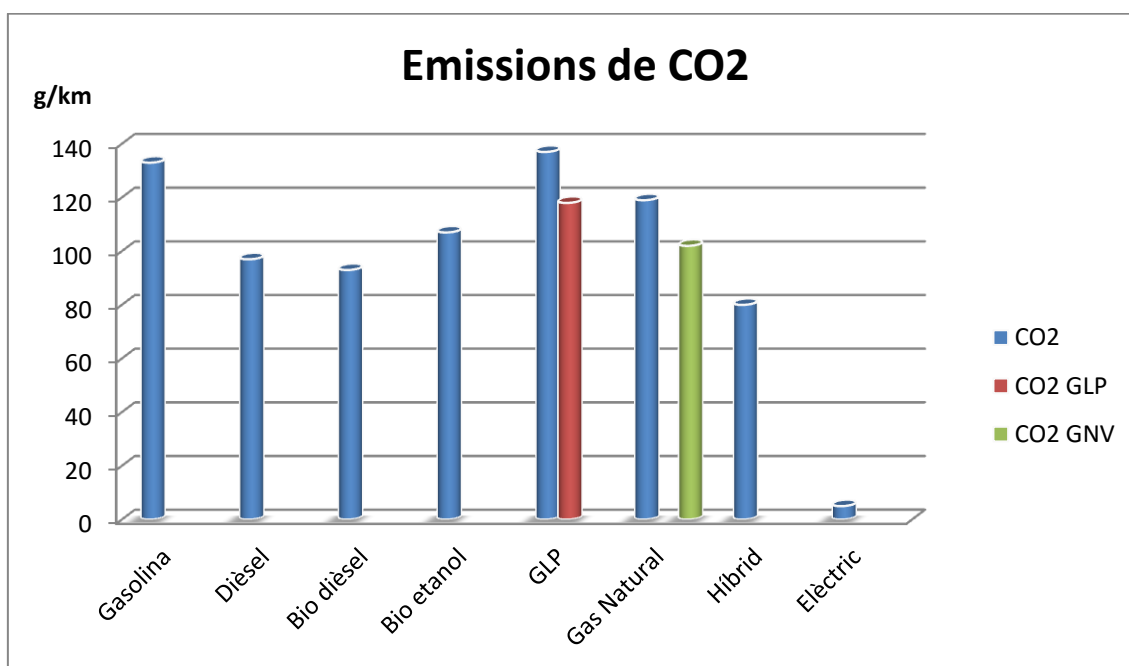
En aquest apartat es compararà cada una de les energies depenent de la quantitat d'emissions contaminants que emeten, en aquest cas el CO2. S'agafarà com a mostra els vehicles utilitzats en l'apartat de consum explicat anteriorment i es farà la mitjana per després representar cada una d'elles en una gràfica. A continuació es farà un índex de cada una per saber el cost per quilòmetre que tenen pel medi ambient.

Primer de tot en la Taula 23, es proporcionarà les dades d'emissions de cada un dels vehicles que utilitzen les diferents energies i la seva mitjana:

Energia	Model vehicle i tipus de motor	Emissions (g/km)		Mitjana	
Gasolina	Citroën C3 / 1.4 VTI 95 CV	136		133	
	Volkswagen Polo / 1.4 TSI 82 CV	135			
	Renault Clio / 1.2 16v 75 CV	130			
	Ford Fiesta / 1.4 Duratec 92 CV	130			
Dièsel	Citroën C3 / 1.6 HDI 90 CV	104		97	
	Volkswagen Polo / 1.4 TDI 90 CV	96			
	Renault Clio / 1.5 DCI 90 CV eco2	94			
	Ford Fiesta / 1.5 Duratorq TDCI 95 CV	95			
Bio dièsel (B5,B10)	Citroën C4 / 1.6 HDI 92 CV	98		93	
	Volkswagen Golf / 1.6 TDI 105 CV	89			
	Renault Mégane / 1.5 DCI 95 CV eco2	87			
	Ford Focus / 1.5 TDCI E6 95 CV	98			
Bio Etanol (5%)	Citroën C1 / 1.2 82 CV	100		107	
	Volkswagen Golf / 1.2 TSI 105 CV	114			
	Renault Clio / 1.2 75 CV Bio etanol	105			
	Ford Focus / 1.0 Ecoboost 100 CV	112			
		GLP	Gasolina		
GLP	Citroën C3 / 1.4 GLP 95 CV	123	136	118	137
	Volkswagen Polo BiFuel / 1.4 TSI 82 CV	118	146		
	Dacia Sandero / 1.2 16v 75 CV	120	135		
	Ford Fiesta / 1.4 Duratec 92 CV	113	132		
		GNC	Gasolina		
Gas Natural	Citroën C3 / 1.4 NGC 75 CV	108	130	102	119
	Volkswagen Golf TGI / 1.4 TSI 110 CV	94	116		
	Seat Leon / 1.4 TGI GNC 110 CV	94	112		
	Fiat Grande Punto / 1.4 70 CV	112	121		
Híbrid	Citroën DS5 híbrid	99		80	
	Volkswagen Golf GTE	37			
	Toyota Auris Híbrid	84			
	Honda Insight Híbrid	101			

Taula 23: Quantitat d'emissions de CO2 de cada energia

Tot seguit es representaran les dades presentades anteriorment, en la Gràfica 7 que hi ha a continuació, per tal de veure quina de les energies emet més emissions de CO2 a l'atmosfera:



Gràfica 7: Quantitat d'emissions de CO2 de cada energia

A partir de la gràfica anterior es pot observar que els vehicles que utilitzen gasolina, tant en un motor convencional com en vehicles combinats de GLP o Gas Natural, són els que emeten una quantitat més elevada d'emissions de CO2. No obstant, aquests vehicles no emeten tanta quantitat de NOx i de partícules.

Els vehicles que utilitzen dos combustibles, redueixen considerablement les emissions si aquests funcionen amb l'opció del GLP o del Gas Natural, es pot arribar a reduir les emissions en un 15% en cada un dels casos si s'aconsegueix utilitzar el menys possible l'opció de la gasolina en aquests vehicles.

D'altra banda els vehicles que utilitzen bio etanol amb un 5%, tenen unes emissions clarament inferiors a la gasolina convencional. La mescla del bio etanol produeix una explosió més completa i més neta reduint així les emissions. Una mica per sota es troben els vehicles dièsel i els bio dièsel, que tenen unes emissions de CO2 inferiors respecte als anteriors. Aquests tenen com a punt negatiu que són els que emeten més quantitat de NOx i de partícules a l'atmosfera.

Els vehicles híbrids tenen unes emissions molt inferiors tot i utilitzar un motor de gasolina. Com que aquests vehicles en certs moments només funcionen amb el motor elèctric això fa que no s'emetin emissions, i per tant la quantitat d'emissions per quilòmetre es veu reduïda dràsticament.

Finalment els vehicles elèctrics no estan inclosos a la Taula 21 ja que en el moment de la circulació del vehicle, aquests no emeten ni un gram de CO₂. No obstant això, a la Gràfica anterior s'ha representat una petita quantitat ja que en el moment d'obtenció de l'electricitat per a l'alimentació d'aquests vehicles s'emet una certa quantitat de d'emissions.

Aquesta quantitat d'emissions es produeix en el moment de la producció de l'electricitat, la qual es pot realitzar utilitzant diferents mètodes, com són les centrals nuclears o bé centrals tèrmiques com ja s'havia dit anteriorment.

Per tant els vehicles elèctrics no contaminen quan estan circulant però s'ha de tenir en compte que per obtenir l'electricitat si que es contamina. I això pot suposar costos mediambientals pel medi ambient a l'igual que les altres opcions de propulsió de vehicles. Com les emissions de CO₂ i altres contaminants o residus radioactius de les centrals nuclears.

3.6.2. Costos de les emissions

Els costos de les emissions contaminants no és un paràmetre que es pugui determinar amb exactitud. Tot vehicle s'ha de matricular un cop s'adquireix al concessionari, i en alguns d'ells s'ha de pagar un impost de matriculació, el qual basa la quantitat a pagar segons la quantitat d'emissions del vehicle. Si el vehicle no supera els 120 g/km de CO₂ quedarà exempt de pagar-lo, si supera aquest límit haurà de pagar un percentatge, que vindrà indicat segons en quin interval definit d'emissions es troba el vehicle.

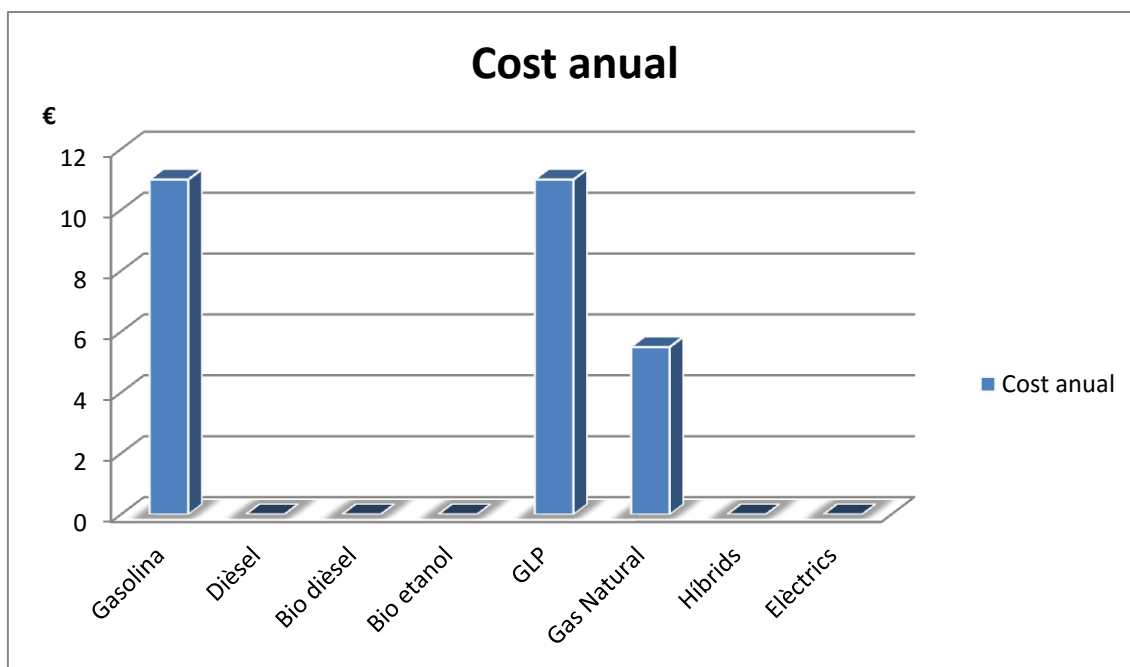
Aquest impost de matriculació dependrà molt del tipus de vehicle, ja que depenent de la seva cilindrada i la seva potència, la quantitat d'emissions pot variar i ser més elevada. També dependrà del preu del vehicle a l'hora d'adquirir-lo, ja que aquest impost es basa en un percentatge sobre aquest preu.

També segons un article del diari "El País", el Govern català ha establert una llei contra el canvi climàtic que preveu crear un impost per els vehicles més contaminants a partir del 2018.

En aquesta llei s'imposa que si el vehicle no passa dels 120 g/km de CO₂ aquest queda exempt de pagar, si està entre els 120 i els 130 pagarà uns 5,5€ anuals, si passa de 130 però és inferior a 140 seran uns 11€ aproximadament. I així fins a arribar a un màxim de 84€ per els vehicles més contaminants.

En aquest projecte es prendran les dades de la llei esmentada anteriorment, per tal de tenir una idea i poder analitzar el cost que pot tenir un cotxe més contaminant.

A continuació en la Gràfica 8, es distribueixen els costos en cada una de les energies segons la seva quantitat d'emissions:



Gràfica 8: Cost anual per les emissions de CO2 de cada energia

En el gràfic anterior es pot observar que la majoria d'energies estan exemptes de pagar ja que els vehicles usats com a mostra són turismes petits i mitjans de baixa cilindrada, poca potència i de no més de 3 anys d'antiguitat. Per tant, cal dir que un cotxe que tingui 10 anys i sigui dièsel és possible que contamine més que un actual, o un que tingui una cilindrada i una potència més altes doncs també superi els límits de contaminació.

En el cas d'aquest projecte els tres vehicles que haurien de pagar un impost de contaminació serien el de gasolina, el de GLP i el de Gas Natural. Són aquests tres perquè tots tenen en comú el motor gasolina, tot i que els vehicles GLP i de Gas Natural no sempre funcionen amb aquest, és l'energia que desprèn més emissions de CO2.

Si els vehicles de GLP i Gas Natural funcionessin únicament amb aquesta opció disminuirien les emissions i quedarien exemptes de pagar aquest impost.

Si suposem que el vehicles realitzen una mitjana d'uns 15.000 quilòmetres anuals, en la Taula 24, s'observa el cost per quilòmetre que s'obtindrà de l'impost de contaminació que s'aplicarà en els pròxims anys:

Energia	Impost anual (€)	Cost per quilòmetre (€/km)
Gasolina	11	0,000733
Dièsel	0	0
Bio dièsel	0	0
Bio etanol	0	0
GLP	11	0,000733
Gas Natural	5,5	0,000366
Híbrids	0	0
Elèctrics	0	0

Taula 24: Impost mediambiental imposat a les energies segons les emissions de CO2

Els resultats anteriors són basats en el moment de la circulació del vehicle, no s'ha tingut en compte el procés de fabricació de cada una de les energies, cosa que faria augmentar el cost mediambiental de cada una d'elles.

4. ANÀLISI DE RESULTATS

Un cop finalitzat l'estudi comparatiu sobre diferents costos que intervenen en cada una de les energies, és el moment de comparar aquests resultats i analitzar-los per tal de trobar el cost total de cada una i poder extreure les conclusions adients.

Per tant l'objectiu d'aquest apartat és comparar i analitzar els costos totals de cada una de les energies i fer una aproximació sobre quina d'aquestes té els costos més baixos. També es realitzarà una comparació dels avantatges i inconvenients de cada una de les energies per així detallar els punts forts i febles de cada una.

Cal destacar que els resultats finals que s'obtidran en aquest apartat tot i estar degudament contrastats només estan centrats en punts que s'han tractat en aquest projecte, i per tant no es pot establir un comparació absoluta de si una energia té els costos més baixos que un altre, o si és millor una o una altra perquè l'anàlisi complet depèn de més factors externs als de l'extensió d'aquest projecte.

4.1. Anàlisi dels costos

Per analitzar el cost total aproximat de les energies, anteriorment s'han realitzat comparacions de costos en diferents aspectes, sempre tenint en compte que el vehicle havia de tenir les mateixes característiques tècniques per a cada energia.

Primerament es calcularà els cost total de cada una de les diferents energies de propulsió de vehicles comparades en l'estudi, sumant tots els costos trobats en l'estudi comparatiu, per tal de saber les diferències finals entre elles.

El cost final també serà donat per a cada quilòmetre recorregut per el vehicle, per això utilitzarem la següent expressió pel càlcul del cost final:

- Cost final (€/km) = Cost energia + Cost manteniment + Cost emissions

Un cop calculat el cost final de cada energia es podrà analitzar el resultat i extreure les conclusions sobre quina és més econòmica i quina té una cost més elevat.

Tot seguit en la Taula 25, es detallen els costos individuals de cada energia i el cost final calculat de la manera explicada anteriorment:

Energia	Cost energia (€/km)	Cost manteniment (€/km)	Cost emissions (€/km)	Cost total (€/km)
Gasolina	0,0587	0,01072	0,000733	0,070153
Dièsel	0,0366	0,01672	0	0,05332
Bio dièsel	0,0407	0,01633	0	0,05703
Bio etanol	0,0645	0,01086	0	0,07536
GLP	0,054375	0,00952	0,000733	0,064628
Gas Natural	0,058659	0,00923	0,000366	0,068255
Híbrids	0,038	0,00972	0	0,04772
Elèctrics	0,0113	0,00678	0	0,01808

Taula 25: Cost total per quilòmetre de cada energia

Amb la taula anterior ja es poden analitzar els resultats per tal de diferenciar el cost final de cada energia.

Primer de tot podem observar que el vehicle que utilitza l'energia de propulsió més econòmica que hi pot haver tenint en compte tots els aspectes estudiats en el projecte és el vehicle elèctric. El seu cost total no sobrepassa els 2 cèntims d'euro per quilòmetre, essent molt inferior a la resta d'energies.

Aquesta energia té aquest cost tant baix degut al baix cost de l'electricitat respecte a les altres i la simplicitat del vehicle que fa que el manteniment sigui mínim. No obstant, el cost del vehicle a l'hora de comprar-lo i l'escassa autonomia fan que el mercat dels vehicles elèctrics sigui poc atractiu.

A continuació hi ha els vehicles híbrids, que gràcies al seu baix consum i elevada autonomia redueixen molt el cost de l'energia per cada quilòmetre, un altra aspecte que també va a favor és que tenen un cost de manteniment bastant inferior a altres energies.

Tot seguit els vehicles que utilitzen dièsel i bio dièsel tenen un cost total inferior als 6 cèntims d'euro per quilòmetre recorregut, aquest cost es manté baix perquè el cost de l'energia acostuma a ser dels més baixos entre les energies, no obstant això, el cost de manteniment d'aquestes dues energies és el més elevat de totes cosa que fa augmentar el cost total.

Després hi hauria els vehicles propulsats per GLP i Gas Natural, però el cost total d'aquests vehicles depèn molt del combustible que s'utilitzi. En el cost de l'energia en la taula anterior, s'ha realitzat la mitjana entre el cost per quilòmetre de la gasolina amb el GLP i també en el cas del Gas Natural.

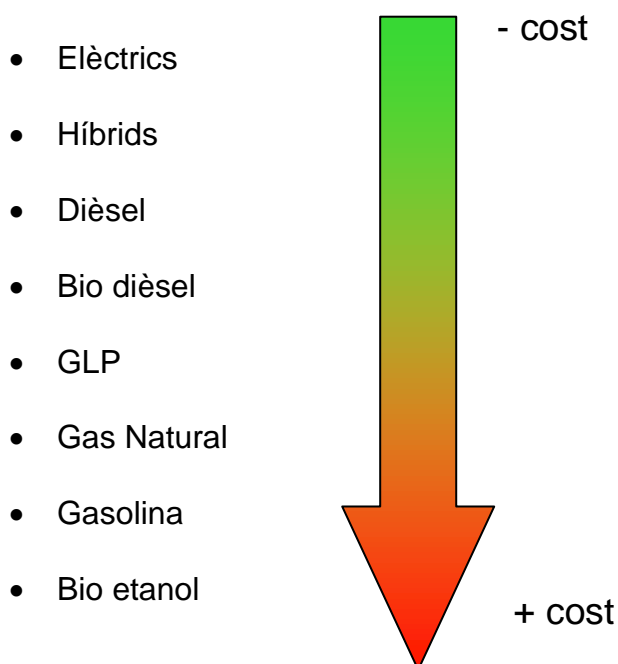
Per tant s'ha considerat que un vehicle d'aquestes característiques realitzarà la mateixa distància amb cada un dels combustibles. Però el cost pot variar si la majoria de quilòmetres es recorren utilitzant GLP o Gas Natural, ja que aleshores el cost de l'energia serà inferior i el cost total disminuirà situant-se una mica per sota dels vehicles dièsel.

Aquests vehicles també tenen l'avantatge de tenir un cost inferior a la majoria gràcies a la utilització de gas. Però tenen un cost d'emissions ja que al utilitzar gasolina el vehicle produeix unes emissions de CO₂ elevades.

Finalment l'energia amb el cost total més alt és per els vehicles que utilitzen gasolina i bio etanol, que se situen a dalt de tot amb un cost de 7 i 7,5 cèntims d'euro per quilòmetre recorregut respectivament.

Els vehicles de bio etanol, tot i no tenir un cost de manteniment gaire elevat ja que és aproximat al d'un motor de gasolina, el cost final de l'energia és el més elevat de totes les estudiades i és principalment per l'alt preu del bio etanol, el qual representa un 85% del cost total.

A continuació s'ordenen les energies en funció del cost total, de la més econòmica a la més cara.



4.2. Avantatges i inconvenients

A continuació en aquest apartat es compararan els diferents avantatges i inconvenients respecte als aspectes estudiats en el present projecte de cada una de les energies de propulsió de vehicles, per tal d'observar els punts forts i les mancances de cada una d'elles.

Tot seguit en la a Taula 26, es detallen els avantatges i inconvenients principals de cada una de les energies:

Energia	Avantatges	Inconvenients
Gasolina	<ul style="list-style-type: none"> • Alt poder energètic en la combustió • Grau de desenvolupament tecnològic i de les infraestructures molt alt • Baix cost de manteniment 	<ul style="list-style-type: none"> • Combustible fòssil no renovable • Consum més aviat alt i autonomia inferior a altres • Altes emissions de CO2 • Alt cost de l'energia • Baix rendiment respecte altres alternatives
Dièsel	<ul style="list-style-type: none"> • Baix consum • Autonomia elevada • Grau de desenvolupament tecnològic i de les infraestructures molt alt • Cost baix de l'energia • Emissions de CO2 inferiors a altres alternatives 	<ul style="list-style-type: none"> • Combustible fòssil no renovable • Altes emissions de NOx i de partícules • Alt cost de manteniment • Baix rendiment
Bio dièsel	<ul style="list-style-type: none"> • Font d'energia renovable • Autonomia elevada • Consum baix • Grau de desenvolupament tecnològic i de les infraestructures molt alt • Reducció d'altres emissions contaminants: diòxid de sofre, partícules, CO... • Reducció emissions CO2 	<ul style="list-style-type: none"> • Es mantenen les emissions de NOx • Alt cost de manteniment • Rendiment baix • Es necessiten grans extensions de terreny per a la producció • Poden interferir en el mercat de l'alimentació
Bio etanol	<ul style="list-style-type: none"> • Font d'energia renovable • Reducció de les emissions de CO2 • Reducció de les emissions de CO i HC • Baix cost de manteniment • Elevat nombre d'octans 	<ul style="list-style-type: none"> • Alt cost de l'energia • Baixa autonomia • Consum elevat • Es necessiten grans extensions de terreny • Baix contingut energètic • Molt poques infraestructures

Energia	Avantatges	Inconvenients
GLP	<ul style="list-style-type: none"> • Alt contingut energètic • Reducció de les emissions de CO2 • Baix cost de l'energia • Baix cost de manteniment • Autonomia elevada gràcies als dos dipòsits • Grau de desenvolupament tecnològic molt alt 	<ul style="list-style-type: none"> • No és un combustible renovable • Alt consum • És necessari espai addicional en el vehicle pel dipòsit • Escasses infraestructures • Baixa oferta dels fabricants • Alt cost d'adaptació
Gas Natural	<ul style="list-style-type: none"> • Molt alt poder calorífic • Reducció de les emissions de CO2 • Disponibilitat extensa • Alt grau de desenvolupament tecnològic • Alta autonomia • Cost baix de l'energia • Baix cost de manteniment 	<ul style="list-style-type: none"> • Combustible fòssil no renovable • Consum més elevat que altres energies • És necessari espai addicional en el vehicle pel dipòsit • Molt poques infraestructures • S'ha de comprimir o liquar-lo per emmagatzemar-lo
Híbrids	<ul style="list-style-type: none"> • Reducció de les emissions de CO2 • Grau de desenvolupament tecnològic i de les infraestructures molt alt • Baix consum • Autonomia elevada • Baix cost de manteniment • Recuperació d'energia en frenades • Alt rendiment 	<ul style="list-style-type: none"> • Combustible fòssil no renovable • Major complexitat del vehicle • Escassa oferta dels fabricants • Preu d'adquisició elevat
Elèctrics	<ul style="list-style-type: none"> • Reducció de les emissions de CO2 • Rendiment molt elevat • Parell instantani • Baix cost de l'energia • Baix cost de manteniment • Grau de desenvolupament tecnològic bastant alt • Recuperació energia cinètica en frenades • Possibilitat d'endollar el vehicle a casa directament a la xarxa elèctrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Molt poca autonomia respecte a les altres alternatives • Cost elevat d'adquisició • Cost elevat de la bateria en cas de canviar-la • Infraestructures gairebé inexistentes • Poques ofertes dels fabricants • Poca confiança dels consumidors cap al vehicle elèctric

Taula 26: Avantatges i inconvenients de les diferents energies de propulsió de vehicles

5. CONCLUSIONS

Un cop realitzat el projecte i analitzat els resultats obtinguts, la conclusió que es pot extreure de l'estudi comparatiu és que els vehicles de propulsió elèctrica tenen un cost total molt inferior a la resta d'energies estudiades en el projecte ja que el cost de l'electricitat i el cost de manteniment són molt baixos. D'altra banda els vehicles que utilitzen gasolina i bio etanol són els que tenen un cost més elevat perquè el cost de l'energia representa més del 80% del cost total.

Al mateix temps també s'ha pogut observar i comparar els punts forts i les mancances de cada una de les energies en diferents aspectes tècnics i econòmics.

Aquest mateix projecte es podria realitzar d'aquí un període de temps per tal de comparar si les energies de propulsió estudiades han millorat, si la implantació d'energies alternatives en el mercat s'ha consolidat o si se n'ha desenvolupat alguna de nova.

Com a conseqüència de la realització d'aquest projecte he pogut establir uns coneixements més amplis dels que tenia sobre les diferents energies alternatives de propulsió de vehicles i descobrir-ne alguna la qual no tenia coneixement de que també tenia aplicació en propulsió de vehicles automòbils.

També després d'haver estudiat i comparat les diferents energies de propulsió de vehicles en aspectes econòmics, he obtingut una orientació dels costos de cada una i per tant una informació a tenir en compte a l'hora d'adquirir un vehicle i escollir l'energia de propulsió.

6. BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

- ALONSO PÉREZ, J.M.(2009). *Técnicas del Automóvil: Motores*. 11ª ed. Madrid: Paraninfo.
- ARIAS-PAZ GUITIAN M. (2006). *Manual de Automóviles*. 56ª ed. Madrid: CIE DOSSAT 2000.
- ARSUAGA CHABOT P. (2010). *Vehículos eléctricos y redes para su recarga: Impacto en la sociedad y en la industria*. Madrid: RA-MA Editorial.
- AUTONOCION. (2016). *NOTICIAS DEL MOTOR* [en línea]. [Consulta: 2 de maig de 2016]. Disponible a: <<http://www.autonocion.com/seccion/noticias/>>
- CAMPS MICHELENA, M.; MARCOS MARTÍN F. (2008). *ENERGÍAS RENOVABLES: Los biocombustibles*. 2ª ed. Madrid: Grupo Mundi-Prensa.
- CITROËN. (2016). *Citroën service: operarios independientes* [en línea]. [Consulta: 23 de maig de 2016]. Disponible a: <<http://service.citroen.com/pages/index.jsp>>
- ENDESA. (2016). *Precio de la electricidad a tiempo real para tarifas PVPC* [en línea]. [Consulta: 12 de maig de 2016]. Disponible a: <<https://www.endesaclientes.com/precio-luz-pvpc.html>>
- Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil – FITSA. *Nuevos Combustibles y Tecnologías de Propulsión: Situación y Perspectivas para Automoción* [en línea]. Madrid: IDAE, 2008 [Consulta: 8 de març de 2016]. Disponible a: <http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_nuevos_combustibles_6_2d83b8b8.pdf>
- GOBIERNO DE ESPAÑA. MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO. (2016). *GEOPORTAL* [en línea]. [Consulta: 12 de maig de 2016]. Disponible a: <<http://geoportalgasolineras.es/#/Inicio>>
- LOS MOTORES.COM. (2016). *Los motores* [en línea]. [Consulta: 14 de març de 2016]. Disponible a: <<http://www.losmotores.com/>>

- MAIOL, R.; CORDERO, D. (26 gener 2016). Los vehículos que más contaminan pagarán un impuesto en 2018: El Ejecutivo aprueba la ley del cambio climático y propone discutir la prohibición de los vehículos más antiguos en la Mesa de la Calidad del Aire. *El País*. Disponible a <http://ccaa.elpais.com/ccaa/2016/01/26/catalunya/1453814993_602048.html>
- MARTÍN MARTÍN, F.; SALA GÓMEZ, V. *Estudio comparativo entre los combustibles tradicionales y las nuevas tecnologías energéticas para la propulsión de vehículos destinados al transporte* [en línia]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Màquines i Motors Tèrmics, 2004 [Consulta 23 març de 2016]. Disponible a: <<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3686/34305-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>
- MOTOR GAS. (2015). *Bi Fuel* [en línia]. [Consulta: 11 d'abril de 2016]. Disponible a: <<http://www.motorgas.es/es/bi-fuel-convertir-motores-diesel-a-gas-glp-autogas>>
- SCHIBSTED CLASSIFIED MEDIA SPAIN (2015). *Cálculo del mantenimiento de tu vehículo* [en línia]. [Consulta: 18 de maig de 2016]. Disponible a: <<http://www.coches.net/servicios/costes-mantenimiento>>
- SCHIBSTED CLASSIFIED MEDIA SPAIN (2015). *Características, precios y fotos de los modelos actuales* [en línia]. [Consulta: 27 d'abril de 2016]. Disponible a: <http://www.coches.net/fichas_tecnicas/buscador.aspx>
- TOYOTA ESPAÑA. (2016). *Calculadora: Mantenimiento y Piezas de desgaste* [en línia]. [Consulta: 24 de maig de 2016]. Disponible a: <http://www.toyota.es/service-and-accessories/service-and-maintenance/calculadora_mantenimiento.json>