



UNIVERSIDAD DE JAÉN

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL SECTOR TRANSPORTE DENTRO DEL MARCO DE LA ESTRATEGIA EUROPA 2020

Alumno: Miguel Extremera Lopezosa

Tutor: Prof. D. Juan Manuel Amezcua Ogayar
Dpto: Organización de Empresas, Marketing y
Sociología

Junio, 2017

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS Y PANORAMA ENERGÉTICO ACTUAL	14
2.1. Descripción y situación actual.....	14
2.2. Combustibles alternativos y la estrategia Europa 2020.....	17
2.2.1. Combustibles alternativos.....	17
2.2.2. La estrategia Europa 2020.....	24
3. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR DEL TRANSPORTE.....	28
3.1. El transporte en la Unión Europea.....	28
3.2. El transporte en España.	31
3.3. Comparación modos de transporte	34
4. LEGISLACIÓN VIGENTE EN MATERIA MEDIOAMBIENTAL.	36
4.1. Libro Blanco del Transporte.....	39
4.2. Libro Verde.....	45
5. ANÁLISIS DAFO	48
6. GESTIÓN DE FLOTAS EN EL SECTOR DEL TRANSPORTE	52
6.1. Introducción.....	52
6.2. Eficiencia energética.....	54
6.3. Eficiencia económica.....	55
6.4. Auditoría Energética.....	59
6.5. Caracterización de las Flotas	61
6.6. Gestión de Costes	64
6.6.1. Sistemas de gestión de costes.....	65
6.6.2. ACOTRAM	67
6.7. Gestión del Combustible	72
6.7.1. Programa de Gestión del Combustible.....	72
6.7.2. Factores que afectan al consumo de combustible.....	74
6.8. Diseño de rutas	75
6.9. Programas de gestión de flotas	78
6.9.1. Renault Optifleet	78

6.9.2.	Novatrans	80
6.10.	Aplicaciones reales	85
6.10.1.	DHL	85
6.10.2.	Correos	86
6.10.3.	Tesla.....	88
6.11.	Conclusiones sobre la gestión de flotas en el sector del transporte	89
7.	VEHÍCULO ELÉCTRICO	91
7.1.	Introducción.....	92
7.2.	Vehículos eléctricos de batería (BEV)	92
7.2.1.	Características técnicas	93
7.2.2.	Ventajas e inconvenientes	95
7.2.3.	Ciclo de homologación de consumos.....	96
7.2.4.	Ventas acumuladas de vehículos eléctricos de batería.....	97
7.3.	Vehículos híbridos (PHEV).....	97
7.3.1.	Características técnicas	98
7.3.2.	Ventajas e inconvenientes	100
7.3.3.	Venta acumulada de vehículos híbridos.....	100
7.4.	Situación mundial	101
7.5.	Situación en Europa.....	106
7.6.	Situación en España.....	108
7.7.	Perspectivas de futuro.....	109
7.8.	Balance de emisiones CO ₂	112
7.9.	Estudio de viabilidad económica	115
7.10.	Tesla, Inc	124
7.10.1.	Modelos actuales	125
7.10.2.	Modelos en fabricación	128
7.10.3.	Políticas de empresa.....	129
7.10.4.	Red de SuperChargers	131
7.11.	Otras marcas.....	133
7.11.1.	Fisker Inc.....	134
7.11.2.	Lucid Motors.....	135
7.11.3.	Faraday	136
7.11.4.	Porsche	137
7.12.	Conclusión vehículo eléctrico.....	137

8. PILA DE COMBUSTIBLE.....	139
8.1. Introducción.....	139
8.2. Clasificación pilas de combustible	141
8.3. Ventajas e inconvenientes	145
8.4. Balance de emisiones CO ₂	146
8.5. Estaciones de recarga de hidrógeno.....	147
8.6. Experiencias reales	150
8.6.1. Toyota.....	150
8.6.2. Volkswagen.....	151
8.6.3. Honda	152
8.7. Perspectivas de futuro.....	152
8.8. Conclusiones pila de combustible	153
9. GAS LICUADO DE PETRÓLEO.....	155
9.1. Introducción.....	155
9.2. Ventajas e inconvenientes	157
9.3. Balance de emisiones CO ₂	158
9.4. Estudio de viabilidad económica.....	161
9.5. Gasolineras de autogás GLP en España	163
9.6. Transformación de gasolina a gas licuado de petróleo.....	164
9.6.1. Viabilidad financiera cambio de gasolina a GLP	166
9.7. Experiencias reales	170
9.7.1. Vehículos comerciales	170
9.7.2. Transporte urbano.....	171
9.8. Conclusiones gas licuado de petróleo.....	172
10. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	173
11. BIBLIOGRAFÍA.....	181
11.1. Introducción	181
11.2. Combustibles alternativos y panorama energético actual	181
11.3. Situación actual del sector del transporte.....	182
11.4. Legislación vigente en materia medioambiental.....	183
11.5. Análisis DAFO.....	184
11.6. Gestión de flotas en el sector del transporte	185
11.7. Vehículo eléctrico	186
11.8. Pila de combustible	188
11.9. Gas licuado de petróleo.....	189
11.10. Resultados y conclusiones	189

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Panel de energía solar fotovoltaica.	20
Ilustración 2. Energía mareomotriz.	20
Ilustración 3. Elaboración de biocombustibles.	21
Ilustración 4. Energía eólica.	21
Ilustración 5. Energía minieólica.	22
Ilustración 6. Proceso de transformación de la materia en biomasa, para estufa de pellets.	22
Ilustración 7. Energía geotérmica.	23
Ilustración 8. Energía hidráulica.	23
Ilustración 9. Ejemplo de autovía A-4 al paso por Despeñaperros.	32
Ilustración 10. Red de trenes de Alta Velocidad.	33
Ilustración 11. Red de autovías y autopistas.	33
Ilustración 12. Ejemplos de transporte que reducen la contaminación.	42
Ilustración 13. Ejemplo de transporte más contaminante.	42
Ilustración 14. Maqueta: Estación intermodal que combina transporte ferrocarril-barco.	45
Ilustración 15. Normativa pesos y dimensiones flota.	53
Ilustración 16. Ejemplo tanque de biodiesel.	56
Ilustración 17. Formulario del programa ACOTRAM.	67
Ilustración 18. Selección del tipo de vehículo del que se quiere analizar sus características técnicas.	68
Ilustración 19. Control de costes fiscales en el programa ACOTRAM.	69
Ilustración 20. Control de costes fijos, variables, directos e indirectos.	69
Ilustración 21. Resultados del programa ACOTRAM.	70
Ilustración 22. Módulo Map.	78
Ilustración 23. Módulo Check.	79
Ilustración 24. Módulo Drive.	80
Ilustración 25. Módulo Link.	80
Ilustración 26. Módulo almacén.	81
Ilustración 27. Módulo archivos.	81
Ilustración 28. Módulo facturación.	82
Ilustración 29. Módulo logístico.	82
Ilustración 30. Módulo producción. Zona rutas (primera) y zona partes de trabajo (segunda).	83
Ilustración 31. Módulo Remuneración.	84
Ilustración 32. Módulo tesorería.	84
Ilustración 33. Módulo de utilidades.	85
Ilustración 34. Camión DHL propulsado con Duel Fuel.	86
Ilustración 35. Motocicletas eléctricas de Correos.	87
Ilustración 36. Noticia sobre Correos.	87
Ilustración 37. Prototipo camión eléctrico de Tesla.	89
Ilustración 38. Esquema de funcionamiento de un vehículo eléctrico de batería.	94
Ilustración 39. Esquema de funcionamiento de un vehículo híbrido.	98
Ilustración 40. Vehículo híbrido con una configuración en serie.	99
Ilustración 41. Vehículo híbrido con una configuración en paralelo.	99
Ilustración 42. Evolución de ventas anuales de vehículos eléctricos desde 2010 hasta la actualidad.	103

Ilustración 43. Escenario previsto para el año 2030.....	109
Ilustración 44. Estimación emisión gases efecto invernadero con las estimaciones 2DS y B2DS.	111
Ilustración 45. Curva de la S Tecnológica.....	111
Ilustración 46. Tesla Model S y Model X respectivamente.....	127
Ilustración 47. Tesla Model 3 y prototipo de Model Y respectivamente.	129
Ilustración 48. Mapa de súper cargadores Tesla en España.....	131
Ilustración 49. Mapa de súper cargadores Tesla en Europa..	132
Ilustración 50. Mapa de súper cargadores Tesla en Estados Unidos.	133
Ilustración 51. Fisker Emotion.....	135
Ilustración 52. Lucid Air.	136
Ilustración 53. Pila de combustible.	139
Ilustración 54. Pila de Membrana de Intercambio protónico (PEM):.....	142
Ilustración 55. Pila de Metanol Directo (MCFC):.....	142
Ilustración 56. Pila de combustible Alcalina (AFC).	143
Ilustración 57. Pila de Ácido Fosfórico (PAFC).	143
Ilustración 58. Pila de carbonato fundido (MCFC).	144
Ilustración 59. Pila de óxido sólido (SOFC).	144
Ilustración 60. Ciclo Well to Wheel de emisiones de distintas alternativas energéticas.....	146
Ilustración 61. Ejemplo de surtidor de pila de combustible.	148
Ilustración 62. Ciclo cash flow de las estaciones de hidrógeno.....	149
Ilustración 63. Representación esquemática del potencial de desarrollo de diferentes tipos de pilas de combustible.	150
Ilustración 64. Toyota Mirai.....	151
Ilustración 65. Volkswagen Passat HYmotion.	151
Ilustración 66. Honda Clarity Fuel Cell.....	152
Ilustración 67. El hidrógeno sirve como conexión de distintos sectores energéticos estratégicos.	152
Ilustración 68. Elementos de un vehículo propulsado con GLP.	156
Ilustración 69. Estaciones con GLP en España.	163
Ilustración 70. Mangueras de autogás.....	164
Ilustración 71. Ejemplos de tanques toroidales de GLP en el hueco de la rueda de repuesto.	165
Ilustración 72. Primer autobús urbano propulsado 100% por GLP.....	171
Ilustración 73. Reducción emisiones GEI si se sustituyese el petróleo por algunos combustibles y tecnologías alternativos.	177
Ilustración 74. Previsión evolución ciclo Well to Wheel por tipo de combustible según el escenario 2DS..	178

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación modos de transporte..	35
Tabla 2. DAFO del sector de las energías renovables en España	49
Tabla 3. DAFO del sector del transporte en España.	50
Tabla 4. DAFO de la eficiencia energética por cambio de tecnologías y procesos en diferentes sectores consumidores finales de energía..	51
Tabla 5. Parte de repostaje de un vehículo de la flota..	54
Tabla 6. Control de repostaje.....	55
Tabla 7. Ahorro en costo y litros de combustible aplicando medidas de eficiencia energética.	58
Tabla 8. Beneficios una vez aplicadas las medidas de eficiencia energética.....	59
Tabla 9. Índices de estacionalidad del ejemplo análisis de dimensionado.	63
Tabla 10. Resultados del ejemplo análisis de dimensionado.	64
Tabla 11. Características de las baterías que se emplean en los vehículos eléctricos..	93
Tabla 12. Venta acumulada de vehículos eléctricos de batería hasta 2016	97
Tabla 13. Venta acumulada de vehículos híbridos desde 2010 hasta 2016.....	101
Tabla 14. Total de vehículos vendidos anualmente (batería+híbridos).	105
Tabla 15. Total de ventas anuales del vehículo eléctrico de batería.	105
Tabla 16. Total de ventas anuales del vehículo híbrido eléctrico.	105
Tabla 17. Países con mayor porcentaje de ventas de vehículos eléctricos.....	106
Tabla 18. Variación anual de ventas de vehículos eléctricos en Europa 2016-2017..	107
Tabla 19. Ficha técnica de consumo de los vehículos analizados.	113
Tabla 20. Ciclo Well to Wheel. Emisiones de CO2 de los vehículos analizados al cabo de diez años..	113
Tabla 21. Ficha técnica de los vehículos comparados.	116
Tabla 22. Coste total en función del número de kilómetros recorrido.....	117
Tabla 23. Ficha técnica de los vehículos comparados.	119
Tabla 24. Coste total en función del número de kilómetros recorrido.....	120
Tabla 25. Coste total en función del número de kilómetros recorrido considerando que pagamos 0,24€ por kWh..	121
Tabla 26. Las diez marcas de vehículos más valiosas del mundo.....	130
Tabla 27. Clasificación pilas combustible..	141
Tabla 28. Número de estaciones de recarga de hidrógeno y plan previsto hasta 2020.	148
Tabla 30. Previsión de vehículos propulsados por hidrógeno en flotas de transporte hasta 2020.....	153
Tabla 31. Ficha técnica para el balance de emisiones de los vehículos estudiados..	158
Tabla 32. Diferencia emisiones entre Dacia GLP, gasolina y diesel.....	158
Tabla 33. Ficha técnica para el estudio de viabilidad económico de los vehículos estudiados..	161
Tabla 34. Resultados estudio viabilidad económica vehículo GLP frente a gasolina y diesel..	161
Tabla 35. Ficha técnica de vehículos de bajo consumo.....	166

Tabla 36. Resultados económicos al pasar de un coche de gasolina de bajo consumo a GLP.	166
Tabla 37 Ficha técnica de vehículos de consumo medio.....	167
Tabla 38. Resultados económicos al pasar de un vehículo de gasolina con consumo intermedio a GLP.....	168
Tabla 39. Ficha técnica de vehículos con consumo alto.....	169
Tabla 40. Resultados económicos al pasar de un vehículo de gasolina con consumo intermedio a GLP.....	169
Tabla 41. Variación de consumo al convertir varios vehículos de gasolina a GLP..	170

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Evolución del transporte de pasajeros en Europa.....	30
Gráfico 2. Gráficos de evolución del transporte de mercancías en Europa.	30
Gráfico 3. Origen emisiones de efecto invernadero en España.....	47
Gráfico 4. Estructura de costes de una empresa de transporte de mercancías.....	57
Gráfico 5. Punto de equilibrio del ejemplo de la aplicación ACOTRAM.....	71
Gráfico 6. La venta acumulada de vehículos eléctricos llegó a 2 millones en 2016.	102
Gráfico 7. Ventas acumuladas de vehículos eléctricos por países hasta finales de 2016.....	104
Gráfico 8. Comparación emisión kg CO ₂ en cada vehículo.	114
Gráfico 9. Punto de corte de costes totales de las tres alternativas.	120
Gráfico 10. Degradación batería con el paso de los kilómetros del Tesla Model S.....	123
Gráfico 11. Comparación autonomía diferentes modelos Tesla Model S según temperatura exterior.....	127
Gráfico 12. Gráfico comparativo emisiones Dacia Sandero GLP, gasolina y diesel..	159
Gráfico 13. Comparativa de emisiones de óxidos de nitrógeno en función del combustible empleado.....	159
Gráfico 14. Comparativa de emisiones de partículas en función del combustible empleado.....	160
Gráfico 15. Comparativa económica Dacia GLP frente los de gasolina y gasóleo.	162
Gráfico 16. El cambio a GLP en el vehículo de bajo consumo se hace rentable a partir de 107.278km.	167
Gráfico 17. El cambio a GLP en el vehículo de bajo consumo se hace rentable a partir de 94.598km.	168
Gráfico 18 El cambio a GLP en el vehículo de bajo consumo se hace rentable a partir de 42.583km..	170

RESUMEN

Las advertencias vertidas desde distintos organismos internacionales que hacían referencia a los abusos de emisiones GEI a nivel mundial no han conseguido evitar que empecemos a pagarlo ahora. Uno de los factores principales es el transporte de vehículos. Nos encontramos en un momento clave para dar un cambio de rumbo que no empeore en exceso la situación actual. Una forma de materializar esa transformación es empleando energías menos contaminantes en el sector del transporte. Por ello, en el presente trabajo se van a evaluar cuatro alternativas energéticas sostenibles con el medio ambiente en el citado sector.

En la primera aplicación se analizarán formas de mejorar la eficiencia medioambiental en una flota de vehículos. La segunda aplicación será sobre el vehículo eléctrico. En tercer lugar, se dará a conocer la pila de combustible y, como última aplicación, se desarrollará el gas licuado de petróleo.

Se finalizará el documento con resultados y conclusiones.

ABSTRACT

Warnings from different international institution that alluded to global greenhouse gas abuses have failed to prevent us from starting to pay now. One of the principal factors is the vehicle transport. We really are at a crucial stage to make a change which not aggravate current situation. One way of achieving this transformation is using clean energy in the transport sector. Thus, in the present project to be evaluated four alternative sustainable energies with the environment in that sector.

In the first application, I will be analyzed ways of improve the environment eficiency in a vehicle fleet. The second application will be about the electric vehicle. Thirdy will be known fuel cells, and like last application will be developed the liquefied petroleum gas.

Document will be finalized with results and conclusions.

1. INTRODUCCIÓN

Antes de entrar en la materia propia del presente trabajo, es oportuno citar que uno de los propósitos que se persigue con su elaboración es poner de manifiesto la problemática que existe en la actualidad, en primer lugar, con la escasez de combustibles fósiles, principalmente el petróleo, por una sobre explotación de las reservas existentes, lo que muestra un horizonte desalentador por las carencias de esta fuente de energía que, no sólo encarecerá enormemente su consumo, sino que obligará a buscar otras alternativas que solventen las necesidades de abastecimiento de una energía que tiende a reducir sus existencias, coincidiendo con el progresivo aumento de la industrialización y aparición de nuevos países emergentes. Pero el verdadero drama se deriva de la utilización de estos combustibles, pues según la Agencia Internacional de la Energía, cada año mueren 6,5 millones de personas de forma prematura debido a la contaminación ambiental en todo el mundo.¹ Es evidente que urge encontrar cuanto antes alternativas energéticas limpias que por un lado ayuden a resolver el problema energético, pero sobre todo, la cuestión medio ambiental.

Si bien es cierto que los países desarrollados ya han tomado conciencia de esta situación, también lo es que tanto éstos como los que están en desarrollo dependen en un 80% de los combustibles fósiles, mientras que energías renovables, como la solar y eólica, apenas llegan a suministrar un 1% del consumo energético mundial, lo que nos indica que queda un largo camino por recorrer para corregir este desequilibrio en el consumo energético, debiendo los países implementar medidas legislativas que vayan encaminadas a dar un giro en sus políticas industriales que fomenten la creación y uso de energías renovables, en evitación de seguir sobreexplotando el consumo de petróleo, por la situación de alarma que se avecina ante el posible agotamiento de este recurso energético.

Con independencia de lo expuesto, bien es sabido que muchos de los países productores de hidrocarburos no gozan de estabilidad política, como ejemplos de ello tenemos la guerra en Irak, o las revueltas de la primavera árabe en Túnez,

¹ [Diario El Mundo](#), visitado el 10 de junio de 2017

Líbano, Egipto, Libia, Siria, etc. Ello muestra una situación geopolítica de muchos países productores de crudo que aconseja revertir la situación, en la búsqueda de alternativas al consumo de petróleo, pues la “inestabilidad geopolítica” de determinados países productores de este recurso energético pudiera derivar en cualquier momento en un encarecimiento excesivo del barril de petróleo que genere desequilibrios económicos en tantos otros países que dependen en gran medida de esta fuente de energía. También hay que tener en cuenta que durante el transporte de este combustible fósil pueden ocurrir desastres ecológicos como el que sucedió cerca del Cabo Finisterre en Galicia, en noviembre de 2002 con el “Prestige”, barco petrolero que se hundió con 60.000 toneladas de fuel ruso, de las 77.000 que transportaba en un principio, caso que nos afectó muy de lleno a España y nos recuerdan las imágenes que miles de voluntarios sacando chapapote de las costas gallegas.

También hay que destacar el enorme problema que nos embarga por el cambio climático que se viene produciendo en el planeta por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), entre los que se agrupa entre otros, el dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) o el ozono (O_3), los cuales hay que tratar de reducir a largo plazo empleando alternativas energéticas más limpias que las actuales procedentes de combustibles fósiles, algunas de las cuales se desarrollarán en el presente trabajo.

Existen otros argumentos de peso que justifican la necesidad de un cambio de orientación en las políticas, que deriven en la generación y utilización de energías renovables, pues con independencia de la posibilidad del futuro agotamiento de los combustibles fósiles, o de un repentino encarecimiento de los mismos por inesperados cambios geopolíticos en las zonas geográficas que producción, tenemos también que considerar la problemática que genera en el medio ambiente el consumo excesivo de hidrocarburos, puesta de manifiesto en diversidad de estudios y que por ende está afectando al cambio climático y a la salud de la sociedad en general. Esto se debe a la enorme producción de dióxido de carbono y óxido nítrico que están contribuyendo enormemente al conocido “efecto invernadero y al calentamiento global del planeta” pues, según los científicos, la temperatura

media mundial es 0,85° C mayor que la de finales del siglo XIX y que un aumento de 2° C con respecto a la era preindustrial supondría un grave riesgo de cambios climáticos catastróficos.

En España ya tenemos ejemplos recientes de medidas que se están tomando con motivo de la alta contaminación, por dióxido de nitrógeno. El Ayuntamiento de Madrid ha activado un protocolo de medidas como rebajar el límite de velocidad en la M-30 de 90 a 70 km/h, en días de mayor concentración de partículas contaminantes, o establecimiento de restricciones en la circulación de vehículos por matrículas pares o impares en el centro de la capital, así como las recomendaciones del Consistorio a la ciudadanía para el uso alternativo del transporte público, difundiendo información a través de TV, Web municipal, prensa, paneles informativos de tráfico, Emergencias Madrid....etc.. La pasada Navidad fuimos testigos de la reducción de carriles en la Gran Vía con el objetivo de disminuir las emisiones de los coches que atraviesan esa vía, obteniéndose resultados satisfactorios a nivel de emisiones y económicos, ya que aumentaron las ventas de los comercios de la zona. Tanto esta ciudad (para 2020) como Barcelona (2019) han anunciado que prohibirán circular a los vehículos más contaminantes, en aras de reducir las emisiones GEI. Tal es el estado de alarma actual, que el propio director de la DGT dijo en marzo cuando se anunció esta medida lo siguiente: *“constituyen medidas necesarias ante un grave problema de contaminación en muchas ciudades de España²”*. Todo ello pone de manifiesto la magnitud del problema, que requiere la adopción de medidas legislativas, por la comunidad internacional y se afronte de verdad esta situación.

Diversos estudios científicos afirman que el calentamiento global está desencadenando el deshielo en las zonas polares, un ejemplo es el Parque Nacional de Glaciares de Montana, con 25 glaciares, cuando anteriormente existían en torno a 150; también se están modificando los ecosistemas del planeta; cambios de rutas migratorias; corrientes oceánicas afectadas; aumentos en el nivel del mar; tormentas más impactantes y duraderas, huracanes más agresivos, sequías, incremento de incendios, etc. Este cambio climático constituye una amenaza para la humanidad,

² [Restricciones al tráfico en Barcelona a partir de 2019](#), visitado el 20 de junio de 2017.

debiendo los Estados adoptar medidas encaminadas a reducir las emisiones de CO₂, pues los expertos han fijado el umbral, que no se debe alcanzar, de un aumento de 2° C, respecto a los niveles preindustriales, por el peligro del desencadenamiento de verdaderos impactos y desastres naturales, al incumplir el Protocolo de Kioto de febrero de 2005, sobre emisión de gases de efecto invernadero.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2015 que se celebró en París, congregando a 195 países fue un paso importante al mostrarse una voluntad de trabajar hacia un límite de 1,5° C, para el año 2100. En la misma dirección se trabajó en la cumbre sobre cambio climático en Marruecos, en noviembre de 2016. Sin embargo, es desalentador el reciente anuncio³ del presidente americano, Donald Trump, que implica el segundo país más contaminante del mundo tras China abandona el tratado de París. La consecuencia a medio plazo será el no cumplimiento al que se comprometieron los americanos para 2025, reducción entre 26-28% respecto a los niveles de 2005 y será solo, siempre según estimaciones, de una cifra cercana al 14%, lo que dará lugar a 3.000 millones de toneladas más CO₂. Aunque todos los países del Acuerdo de París cumplan su compromiso excepto EE UU, el planeta podría calentarse 0,3°C para 2100, siendo el objetivo no superar los 2°C. teniendo en cuenta que ya llevamos 1,1°C, las medidas en materia medioambiental deben ser globales, conjuntas y de estricta aplicación.

³ [Estados Unidos abandona el Acuerdo de París](#), visitado el 20 de junio de 2017.

2. COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS Y PANORAMA ENERGÉTICO ACTUAL

2.1. Descripción y situación actual

El petróleo, como fuente de energía, se viene utilizando de manera considerable desde 1.850, siendo la llegada del motor de combustión interna en el último tercio del siglo XIX lo que hizo incrementar su consumo. No obstante, lo anterior, *“la intensa explotación a la que ha sido sometido este recurso ha reducido su ratio reservas/producción hasta alrededor de 45 años, lo que le convierte en el combustible fósil más escaso, concentrándose más de la mitad de las reservas probadas en Oriente Medio...”*.⁴

Tanto la situación del consumo de petróleo en la actualidad, con respecto a las reservas de crudo en el mundo, como los problemas ambientales derivados de su uso, hacen pensar que inevitablemente a corto plazo se deban buscar energías alternativas, no sólo por cuestiones medioambientales, o por el encarecimiento que se producirá con el tiempo cuando este bien sea aún más escaso, sino por el agotamiento del mismo. No obstante, a corto plazo, la Agencia Internacional de la Energía, en palabras de su director, Fatih Birol, pronostica un equilibrio en el mercado del petróleo para 2017 “siempre y cuando no haya grandes perturbaciones en la economía global”. El mismo manifestó que los bajos precios del crudo han reducido la inversión petrolera en un 40% en los últimos dos años, pronosticando que la dependencia mundial del petróleo de Oriente Próximo se acelerará en los próximos años.⁵ Las estimaciones del director de la AIE no iban desencaminadas, puesto que un reciente comunicado de la citada Agencia indica que el reequilibrio se producirá en marzo del próximo año.⁶

⁴ [Marin, J.M. y San Martín, E. \(2011\). El futuro de los combustibles fósiles](#), visitado el 2 de noviembre de 2016

⁵ [El País](#), visitado el 2 de noviembre de 2016

⁶ [Equilibrio del mercado de petróleo previsto en marzo de 2018](#), visitado el 20 de junio de 2017.

La importancia que representa en el mundo este combustible fósil tiene uno de sus exponentes en la creación de la referida Agencia Internacional de la Energía, organización internacional autónoma creada por la OCDE en 1973, que busca coordinar las políticas energéticas de sus estados asociados, actualmente 26: Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Corea del Sur, Dinamarca, España, EEUU, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Japón, Luxemburgo, Nueva Zelanda, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia, Suiza y Turquía.

Por otro lado la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) es una entidad fundada en 1960 que reúne a los siguientes países: Argelia, Angola, Ecuador, Indonesia, Irán, Irak, Kuwait, Libia, Nigeria, Catar, Arabia Saudí, Emiratos Árabes Unidos, Venezuela y Gabón. Su objetivo es el de proteger los intereses comunes de los países productores interviniendo en la producción y oferta del mercado y por ende en los precios del crudo. Todo esto evidencia la magnitud de estas organizaciones y los intereses económicos que se barajan.

Actualmente, a nivel mundial, se ha venido incrementando la demanda de combustibles fósiles, pues el conjunto de los países industrializados y de los emergentes, vienen elevando progresivamente el consumo de este tipo de combustibles y ese crecimiento no vislumbra un horizonte de reducción o sustitución por energías renovables, al menos a corto y medio plazo, como sería deseable.

“Durante los últimos veinte años la demanda de productos energéticos ha crecido un 3% anual, con una participación de los combustibles fósiles que se ha mantenido en orden a un 85%. Esta tendencia, tanto de crecimiento como de uso de energéticos no tiene perspectiva de cambiar en los próximos 20 años “. “Una parte muy importante de las reservas de gas y petróleo se encuentran en regiones con cierto grado de inestabilidad política y social, y gran parte de los países propietarios de las reservas se han mostrado propensos a cartelizarse”.⁷

⁷ [Karacsonyi, J. Panorama energético mundial, un desafío para la ingeniería](#), visitado el 5 de noviembre de 2016

Lo anteriormente expuesto pone de relieve que la tendencia a formar un cártel por los países productores de petróleo, las prácticas de oligopolio de la OPEP, tienen un marcado carácter vulnerador de la ley de la oferta y la demanda, de los que se infieren unas perspectivas de mercado y precios con tendencias de altibajos, como ya hemos tenido ocasión de sufrir en la última década; problema que puede agravarse en cualquier momento si este tipo de organizaciones deciden presionar en los precios del crudo con políticas restrictivas en la oferta, con el consecuente incremento del valor del crudo.

Como ejemplo de esas prácticas de oligopolio para incidir en los precios del mercado cabe destacar el siguiente enunciado: *“El suministro mundial de crudo podría caer en línea con la demanda más aceleradamente si la OPEP y Rusia acuerdan un recorte del bombeo lo suficientemente radical...”*⁸

Por otro lado, el aumento de las emisiones contaminantes, hace necesario el uso de energías alternativas, en aras a paliar la problemática existente. El sector del transporte tiene una incidencia importante en la emisión de gases de efecto invernadero, siendo por ello que la política de la UE pidiera a la Comisión Europea la creación del Libro Blanco *“La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad”*, con la pretensión de fomentar un *“reequilibrio sostenible de la distribución de los modos de transporte”*, así como la creación de un *“nuevo marco de tarificación en apoyo de la utilización de otros medios menos contaminantes”*.⁹

En lo que respecta a España,, recientemente el Gobierno ha reconocido que no va a cumplir en materias de emisiones lo acordado con la UE para 2020.¹⁰

Como combustibles alternativos menos contaminantes tenemos diversas fuentes de energías renovables, según los recursos naturales de procedencia, como los biocarburantes (biodiésel, bioetanol), la biomasa, la energía eólica, la geotérmica, la energía marina, la minieólica, la minihidráulica, la solar fotovoltaica, la solar térmica o la solar termoeléctrica o la energía hidroeléctrica. Un ejemplo de la

⁸ [Comunicado de la Agencia Internacional de la Energía](#), visitado el 10 de noviembre de 2016

⁹ [Loyola de Palacio, I. Libro Blanco](#), visitado el 10 de noviembre de 2016

¹⁰ [España no cumplirá con el objetivo renovable para el año 2020](#), visitado el 19 de junio de 2017.

reducción de la dependencia del petróleo lo resume la Agencia Europea del Medio Ambiente, cuando estima que *“los biocarburantes consumidos en la UE en 2014 evitaron el consumo de casi 13 millones de toneladas equivalentes de petróleo”*¹¹

2.2. Combustibles alternativos y la estrategia Europa 2020.

2.2.1. Combustibles alternativos.

Los combustibles alternativos pueden analizarse desde un doble enfoque, el orientado a la producción y hacia el transporte de vehículos. Según la IDAE, si hablamos de lo segundo, es necesario realizar una distinción entre tecnologías y combustibles alternativos. Dentro de tecnologías alternativas tenemos los vehículos híbridos, eléctricos puros (de batería) y pila de combustible, mientras que los combustibles alternativos son, por ejemplo, el gas natural y el GLP¹². Dicho lo cual, y para no caer demasiado en la reiteración, se hará uso indiscriminado de ambos términos para referirse a lo mismo, aunque consideraba necesario realizar la distinción. Sobre algunas de esas tecnologías y combustibles se realizarán evaluaciones detalladas en próximos apartados. No es objeto de análisis en la presente introducción al trabajo, por lo que en el actual apartado se desarrollarán distintas formas de producción energética que son más sostenibles en materia medioambiental que los combustibles fósiles.

En la actualidad existe gran cantidad de alternativas de producción de energía. Se citan a continuación las siguientes:^{13 14}

Biomasa.- Utilización de materia orgánica como fuente energética, principalmente de origen agrícola o forestal. Concretamente en la provincia de Jaén ya se utilizan los restos de poda de olivar para biomasa. Igualmente se usan los restos obtenidos en limpiezas forestales, etc. También son biomasa los residuos

¹¹ [Asociación de Productores de Energías Renovables](#), visitado el 10 de noviembre de 2016

¹² [Clasificación IDAE](#), visitado el 14 de junio de 2017

¹³ Velasco, J. G. (2009). Energías renovables. Editorial Reverte.

¹⁴ [Asociación de Productores de Energías Renovables](#), visitado el 10 de noviembre de 2016

sólidos urbanos, residuos derivados de industrias, etc. El proceso de transformación de la materia en biomasa tiene cuatro vertientes: combustión, gasificación, digestión anaerobia y pirolisis. *“Biomasa es el conjunto de materiales que forman a las plantas y animales. Está constituida por compuestos orgánicos cuyo origen se encuentra en el proceso fotosintético”.*

Eólica.- Es la típica energía del viento que en otras épocas movía velas de barcos o molinos de viento. Actualmente se utiliza esta energía eólica para la producción eléctrica. Cada vez se ven más esos enormes ventiladores de tres aspas en las colinas de la geografía española, ubicadas en zonas de mayor viento. *“La energía eólica es energía solar que se almacena en la atmósfera en forma de calor distribuido de modo no homogéneo, lo que pone en marcha las corrientes convectivas”.*

Minieólica.- Se trata del uso de aerogeneradores de potencia inferior a los 100 kw. Produce electricidad para los puntos de consumo.

Biocombustibles.- Como ejemplos, podemos decir que el biodiesel contribuye a disminuir hasta un 50% las emisiones de partículas y monóxido de carbono (CO). Las mezclas de bioetanol con gasolina también generan menores emisiones de CO. *“Últimamente se considera la posibilidad de recurrir a los denominados cultivos energéticos como fuente de energía”...*“Según las condiciones climáticas o de los suelos disponibles, los cultivos energéticos más comunes pueden ser madera para quemar, plantas para hacerlas fermentar hasta obtener bioetanol y metanol y cultivos de semillas ricas en aceites, como soja, girasol, coco, colza o la palma, que últimamente se han comercializado para combustibles para vehículos con el nombre de biodiesel”.

Geotérmica.- Es el calor que proviene del interior de la tierra, el cual es mayor en función del aumento de profundidad. La geotermia está relacionada con el aprovechamiento del calor dimanante de la tierra. *“Constituye un recurso energético considerable, si se tiene en cuenta que el flujo de calor total a través de la superficie*

de la tierra se verifica a un ritmo que duplica el del consumo de energía total de todos sus habitantes”.

Geotérmica de Alta Entalpía.- Es la energía almacenada bajo la superficie de la tierra, en forma de calor. Se requieren determinadas condiciones de presión y temperatura superior a 150 °C.

Geotérmica de Baja Entalpía.- Basada en la capacidad que posee el subsuelo para acumular calor y mantenerlo a una temperatura constante, entre 10 y 20 metros de profundidad, durante el año. Como ese calor es insuficiente para producir energía eléctrica puede ser usado para producir agua caliente sanitaria, climatización, etc., mediante bomba de calor.

Hidráulica.- Resulta del aprovechamiento de la energía cinética que produce el movimiento del agua, accionando turbinas cuya rotación activan, mediante un eje, un generador de electricidad. Fue la principal fuente de producción eléctrica hasta mediados del siglo XX. *“La quinta parte del total de la electricidad consumida en el mundo es de origen hidroeléctrico y algunas de las centrales productoras de electricidad se encuentran entre las más formidables obras de ingeniería que se han construido”.*

Mareomotriz.- Se pone en práctica mediante tecnologías que aprovechan la energía de los océanos, por el potencial energético de las corrientes del mar, por sus olas, mareas, etc. *“Las centrales mareomotrices funcionan a través de un esquema que consiste en atrapar el flujo ascendente del agua creado durante la pleamar, por medio de una presa construida en un lugar apropiado de la costa”.*

Solar fotovoltaica.- Se produce mediante la transformación directa de la radiación solar en electricidad, utilizando paneles fotovoltaicos mediante la excitación de los electrones de un dispositivo que genera una diferencia de potencial. Se ven actualmente tanto grandes superficies fotovoltaicas para grandes producciones como pequeños paneles en tejados para uso doméstico. *“Las células*

fotovoltaicas permiten transformar directamente en electricidad la energía de parte de los fotones que componen el espectro visible de la luz solar”.

Imágenes representativas de algunos combustibles alternativos:



Ilustración 1. Panel de energía solar fotovoltaica. *Fuente: Acciona*



Ilustración 2. Energía mareomotriz. *Fuente: www.interempresas.net*



Ilustración 3. Elaboración de biocombustibles. Fuente: www.bgreenproject.wordpress.com



Ilustración 4. Energía eólica. Fuente: *El Universal*.



Ilustración 5. Energía minieólica. Fuente: <http://gesolte.com/energia-minieolica/>



Ilustración 6. Proceso de transformación de la materia en biomasa, para estufa de pellets. Fuente: <http://erenovable.com/energia-de-biomasa/>



Ilustración 7. Energía geotérmica. Fuente: www.portal-energia.com



Ilustración 8. Energía hidráulica. Fuente: www.portal-energia.com

2.2.2. La estrategia Europa 2020.

Con respecto a la estrategia de Europa 2020 se desprende que la conciencia general es de apoyar el desarrollo del mercado de combustibles alternativos al petróleo, con bajas emisiones de CO₂. *“Las iniciativas para fomentar los combustibles alternativos en el transporte existen tanto a nivel nacional como de la UE, pero debe ponerse en marcha una estrategia global coherente y estable, con un marco reglamentario que favorezca la inversión”.*¹⁵ Uno de los retos que se presentan es cubrir las necesidades energéticas de todos los medios de transporte, las alternativas disponibles y su coste, pues no hay una solución unificada de uso de un solo combustible, ni se requieren las mismas medidas para el transporte urbano que para el de mercancías por carretera de larga distancia o para el aéreo.

Por tanto, no se vislumbran soluciones homogéneas, como se desprende de la siguiente cita de la Comisión Europea: *“No hay una solución de combustible único para el futuro de la movilidad y deben explorarse todas las principales opciones de combustibles alternativos, centrándose en las necesidades de cada modo de transporte”.*¹⁶

En la UE ya existe diversidad de propuestas alternativas para reducir las emisiones de CO₂, por ejemplo ha mejorado considerablemente la tecnología de los vehículos de gas natural, con casi un millón de vehículos de este combustible circulando por Europa.

La electricidad como energía alternativa es ya puesta en práctica en el transporte urbano, siendo un ejemplo recurrente el servicio de taxi, donde muchos de ellos circulan ya con baterías recargables. La solución eléctrica está siendo promovida por la Unión Europea, como se desprende de las siguientes citas: *“Los vehículos eléctricos, propulsados por un motor eléctrico altamente eficiente, pueden recargarse conectándolos a la red eléctrica, que se alimenta cada vez más de fuentes de energía con bajas emisiones de CO₂. La flexibilidad a la hora de recargar*

¹⁵ [Comunicación de la Comisión Europea de 24.01.2013](#), p.3, visitado el 12 de noviembre de 2016

¹⁶ [Ibidem](#), p.4.

las baterías de los vehículos, en momentos de poca demanda o de fuerte suministro, favorece la integración de la energía renovable en la red eléctrica. Los vehículos eléctricos no emiten contaminantes ni producen ruido y, por tanto, son especialmente adecuados para las zonas urbanas”.... “La tecnología de los vehículos eléctricos se está consolidando, y la utilización de este tipo de vehículos está aumentando. Los Estados miembros pretenden que entre 8 y 9 millones de vehículos eléctricos circulen en las carreteras de aquí a 2020.

Los principales inconvenientes son el elevado coste, la baja densidad energética y el enorme peso de las baterías, circunstancias que limitan considerablemente la autonomía de conducción de los vehículos”.¹⁷

Otras alternativas energéticas que se barajan en Europa para aminorar la emisión de CO₂, son:

Los biocombustibles líquidos: bioetanol, el biometanol y bioalcoholes superiores, el biodiesel (éter metílico de ácidos grasos, FAME), aceites vegetales puros, aceites vegetales tratados con hidrógeno, el éter de dimetilo (DME) y compuestos orgánicos.

El gas natural: Gas natural comprimido (GNC); Gas licuado (GTL); Gas licuado de petróleo (GLP); el biometanol obtenido de residuos, etc.

El hidrógeno: Como combustible de automoción y como medio de almacenamiento de energía a partir de la energía solar y eólica. *“La industria ha anunciado un despliegue de vehículos, incluidos vehículos de dos ruedas, para los próximos años y varios Estados miembros planean redes de abastecimiento de hidrógeno. El Reglamento europeo de homologación incluye los vehículos de hidrógeno”.¹⁸*

¹⁷ [Ibídem](#), p.7.

¹⁸ [Ibídem](#), p.5,6,7

En la política europea ya se están tomando medidas encaminadas a la búsqueda de energías alternativas menos contaminantes, como queda de manifiesto nuevamente en la cita: *“La Comisión.... aumentó los incentivos para biocombustibles avanzados, tales como los elaborados a partir de biomasa lignocelulósica, residuos, basura y otro tipo de biomasa no alimentaria, en particular algas y microorganismos. La Comisión considera que, después de 2020, solo estos últimos biocombustibles deben recibir apoyo público”*.¹⁹

Inciendiando en lo anterior, una evidencia del interés que está mostrando Europa en abordar la problemática de la contaminación queda constatada por la financiación de proyectos de infraestructuras no sólo para el transporte por carretera sino también para el marítimo y aéreo, impulsando investigaciones en aras a conseguir con el tiempo evitar esa dependencia del petróleo, aminorando emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del transporte, fomentando el uso de energías alternativas menos contaminantes.

Ejemplo de esas medidas se reflejan en el texto de la [Comunicación de la Comisión Europea de 24.01.2013](#): *“Los proyectos financiados por la Unión se centran en las necesidades de infraestructuras y utilización del gas natural licuado: en el sector del transporte marítimo, el proyecto de infraestructuras de GNL en el norte de Europa, el proyecto para un Transporte marítimo limpio en el Mar del Norte (CNSS) o el proyecto de motor marino HELIOS; y en el sector de los vehículos comerciales pesados, el proyecto de corredor azul de gas natural licuado. Es necesario impulsar investigaciones complementarias sobre los motores específicos y el tratamiento posterior de los sistemas de propulsión que utilizan GNC y GNL, y sobre los depósitos ligeros de combustible”*.²⁰

Podemos concluir que, según la política de la Unión Europea, la evolución del mercado de los combustibles alternativos deben contribuir cada vez más a una menor dependencia del petróleo, mediante un suministro energético de sustitución que reduzca las emisiones de CO₂, derivadas del transporte. Ello tendrá que llevarse

¹⁹ [Ibídem](#), p.8

²⁰ [Ibídem](#), p. 13, 14.

a cabo mediante políticas de impulso y apoyo económico de infraestructuras ferroviarias, creación de redes de suministro de electricidad e hidrógeno para el transporte por carretera, bonificaciones fiscales para el desarrollo de biocombustibles avanzados, para todo el transporte y principalmente para el sector de la aviación, investigación y mejora del transporte mediante propulsión eléctrica, con mejora de baterías que optimicen rendimiento y autonomía, con reducción de costes, etc.

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR DEL TRANSPORTE

3.1. El transporte en la Unión Europea.

La magnitud del sector del transporte en el ámbito de la Unión Europea es puesta de manifiesto en todas las conferencias y foros sobre transporte, dada la importancia de la movilidad de mercancías que se estima esencial para la prosperidad de Europa *“En términos generales, la industria del transporte representa alrededor del 7% del PIB comunitario y proporciona cerca del 5% del empleo en la Unión Europea, cifras que se estiman estables durante los próximos años”*.²¹

La realidad actual es que no podemos prescindir del transporte en el nivel desarrollo en que nos encontramos, pues tanto productos agrícolas, como ganaderos, de automoción, alimentación, textiles, de construcción, etc., generan una actividad económica y laboral que trasciende las fronteras de nuestro país en el intercambio de esos productos, mediante la exportación e importación que favorece el progreso y desarrollo a nivel internacional, pues los beneficios que aporta el transporte a la sociedad de nuestros días va en consonancia tanto en la inversión pública en infraestructuras como en la contribución al bienestar social. El imparable desarrollo económico y social de los países lleva implícito un incremento en el transporte de mercancías y personas.

“No obstante, este crecimiento del volumen del transporte lleva aparejado una serie de problemas: saturación de carreteras, congestión en ciudades, contaminación atmosférica y acústica...Son unos costos sociales que están ahí, no imputables únicamente al transporte, pero también”.²²

²¹ Campos Méndez, J y Socorro Quevedo, M.P. [“El transporte en la sociedad del siglo XXI: política de transporte europea y española”](#), p.13. Revista Ekonomiaz Nº 73, 1er. cuatrimestre, 2010, visitado el 16 de noviembre de 2016

²² Mauleón Torres, M. (2013). Transporte, Operadores, Redes. Editorial Diez de Santos.

Ya en las conclusiones del Consejo Europeo de Gotemburgo de junio de 2001, se establecían las pretensiones de un desarrollo sostenible y el impulso de un nuevo ciclo de innovación tecnológica y de inversión, destacando que las nuevas técnicas se encaminen a la mejora medioambiental; lo que pone de manifiesto que desde hace tiempo se ha ido tomando conciencia de los efectos negativos que también vienen asociados a ese incremento del transporte en esta etapa de expansión comercial. *“El Consejo Europeo invita a los sectores industriales a que participen en el desarrollo y una mayor utilización de nuevas tecnologías favorables al medio ambiente en sectores tales como la energía y el transporte”*.²³

Esta expansión del transporte, consecuencia del crecimiento económico y comercial, no ha crecido por igual en sus distintos modos, pues los avances de unos sectores con respecto a otros, por cuestiones de costes o rentabilidad comercial, generan desequilibrios que afectan al medio ambiente. *“...el transporte por carretera representa hoy en día un 44 % del transporte de mercancías, frente a un 41% para la navegación de corta distancia, un 8% para el ferrocarril y un 4% para las vías navegables. El predominio del transporte por carretera es aún más impresionante para los pasajeros, ya que representa una cuota de mercado del 79%...”*.²⁴

Queda por tanto de relieve la desproporción del uso del transporte por carretera, con mayores emisiones de gases de efecto invernadero que otros medios menos contaminantes. Por otro lado el parque automovilístico en Europa se ha triplicado en 30 años, lo que incide en agravar las emisiones de CO₂. Ello pone de manifiesto el desafío tecnológico que tenemos por delante si queremos en Europa hacer frente a la necesidad ecológica que nos ocupa y que está dando lugar al cambio climático. El desequilibrio en el transporte de personas y mercancías por carretera, viene de atrás y queda de relieve en los siguientes gráficos: ²⁵

²³ [Conclusiones de la Presidencia del Consejo europeo de Gotemburgo](#) 15 y 16 de junio de 2001, II Una estrategia para el desarrollo sostenible, visitado el 16 de noviembre de 2016

²⁴ [La Política Europea de Transportes de cara al 2010](#), P.12, visitado el 15 de noviembre de 2016

²⁵ [La Política Europea de Transportes de cara al 2010](#), P. 24, 25 visitado el 15 de noviembre de 2016

Gráfico 1. Transporte de pasajeros.
Evolución del tráfico por modo de transporte en la EU-15 (1970-1999)

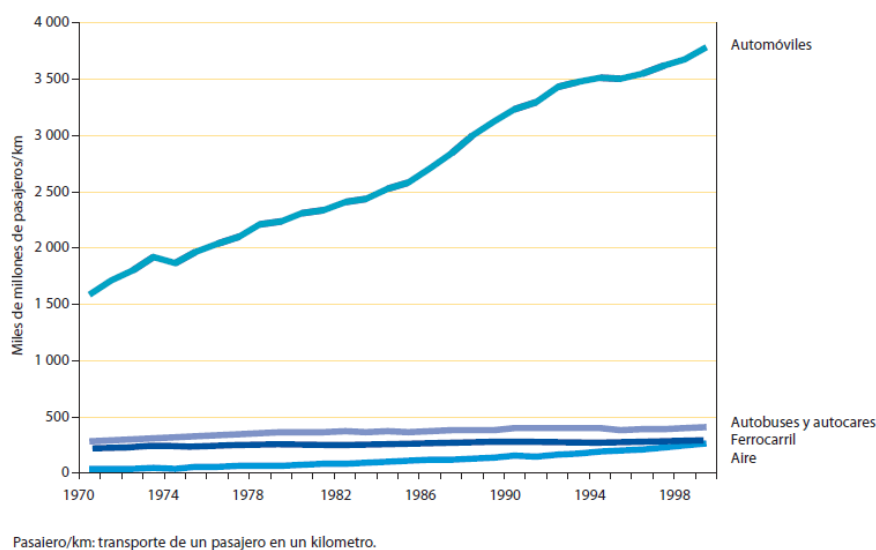


Gráfico 1. Evolución del transporte de pasajeros en Europa. *Fuente: Universidad Politécnica de Madrid.*

Gráfico 2. Transporte de mercancías.
Evolución del tráfico por modo de transporte en la EU-15 (1970-1999)

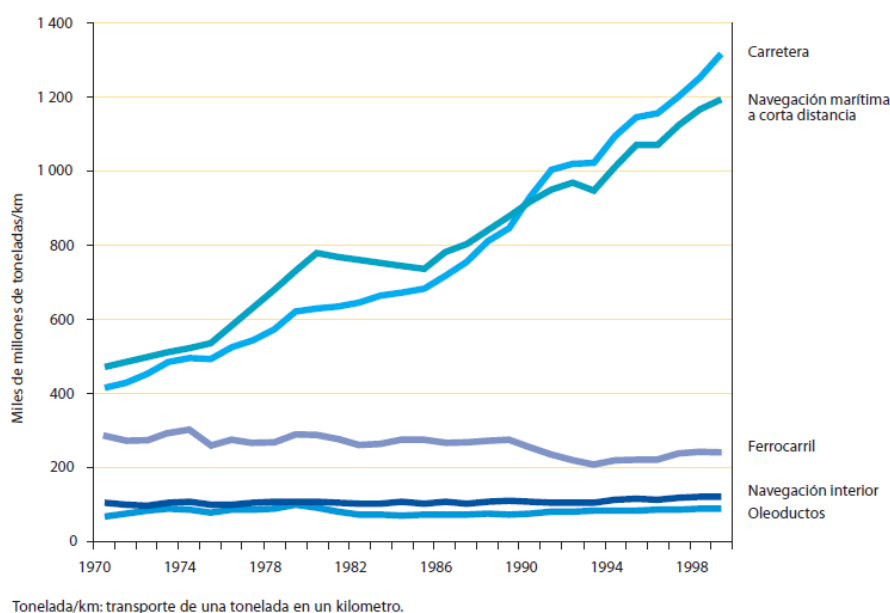


Gráfico 2. Gráficos de evolución del transporte de mercancías en Europa. *Fuente: Universidad Politécnica de Madrid.*

Por consiguiente, el camino para evitar el avance de la contaminación no es otro que implementar políticas encaminadas a revitalizar el ferrocarril, al incremento de trenes de alta velocidad a nivel europeo como el de Bruselas-Marsella, así como incrementar la investigación y desarrollo de las energías alternativas, utilizando

combustibles de menor impacto medioambiental, pues la pretensión europea de integrar los transportes en el desarrollo sostenible parece que al día de la fecha, a juicio del que suscribe, le queda un largo camino por recorrer, pues aún existe una gran dependencia del petróleo porque no se ha avanzado lo que sería deseable en las mejoras de eficiencia energética relativa a combustibles de sustitución.

3.2. El transporte en España.

En España hemos mejorado nuestras infraestructuras de transportes de manera considerable en los últimos 30 años. Pues en un país que casi no existían autovías se ha ido creando una red de enlace de las distintas regiones con la capital, Madrid, así como también se han creado autovías y autopistas que conectan entre sí otras zonas, como por ejemplo la A-7 que comunica a las provincias mediterráneas.

Igualmente, aunque en menor medida, el ferrocarril ha tenido una expansión no en cantidad, sino en calidad, pues las líneas de Alta Velocidad AVE, permiten cruzar España en corto espacio de tiempo, aunque aún quedan muchas provincias sin que les haya llegado esta infraestructura, por el coste que conlleva su implantación.

Las grandes ventajas inherentes a la mejora de medios de transporte terrestres, tienen su contrapartida en los costes que se derivan de los combustibles derivados del petróleo y que ensombrecen las ventajas referidas, pues no se han adoptado suficientes medidas contra la contaminación, estando aún lejos de despejarse este horizonte que nos indica la necesidad acuciante de poner en marcha a la mayor urgencia planes de choque contra las emisiones de CO₂, no sólo en España sino a nivel mundial por las alarmantes noticias que facilitan los expertos sobre el calentamiento global del planeta.

La política del transporte en España se divide en competencias del Estado y las del resto de Administraciones Públicas descentralizadas, como Comunidades Autónomas, Provincias, Municipios, etc, en función del territorio por el cual discurra la vía en cuestión. *“La Administración central del Estado es quien tiene las mayores competencias en este campo, las cuales son de carácter exclusivo cuando se*

*refieren al transporte terrestre y ferroviario que transcurra por más de una comunidad autónoma, al transporte aéreo y, salvo algunas excepciones a las infraestructuras (aeropuertos, puertos y carreteras) de interés general”.*²⁶

Los objetivos del Ministerio de Fomento son la liberalización de infraestructuras y servicios de transporte adaptando sus normas al marco comunitario; introducir principios de movilidad sostenible en materia de transporte y planificar y ejecutar un programa de inversiones que mejore la dotación para infraestructuras. Dicho Ministerio establece sus planes estratégicos en los que fija sus líneas de actuación y objetivos: *“Este Plan incluye 63 líneas de subvención gestionadas por el Ministerio, que se agrupan en cuatro grandes objetivos estratégicos. En primer lugar, el fomento de la movilidad y mejora de la eficiencia y la competitividad del sistema global de transporte; en segundo lugar, la optimización de las infraestructuras de transporte con el fin de mejorar la accesibilidad y potenciar la cohesión territorial de nuestro país...”*.²⁷ Prueba de la mejora de infraestructuras, de los últimos 30 años al día de la fecha, son las imágenes que a continuación se exponen:



Ilustración 9. Ejemplo de autovía A-4 al paso por Despeñaperros. Fuente: Diario Jaén

²⁶ Campos Méndez, J y Socorro Quevedo, M.P. [“El transporte en la sociedad del siglo XXI: política de transporte europea y española”](#), p.22, visitado el 19 de noviembre de 2016

²⁷ [Orden del Ministerio de Fomento de 16 de junio de 2014, por la que se aprueba el Plan Estratégico de Subvenciones para el periodo 2014/2017](#), visitado el 19 de noviembre de 2016

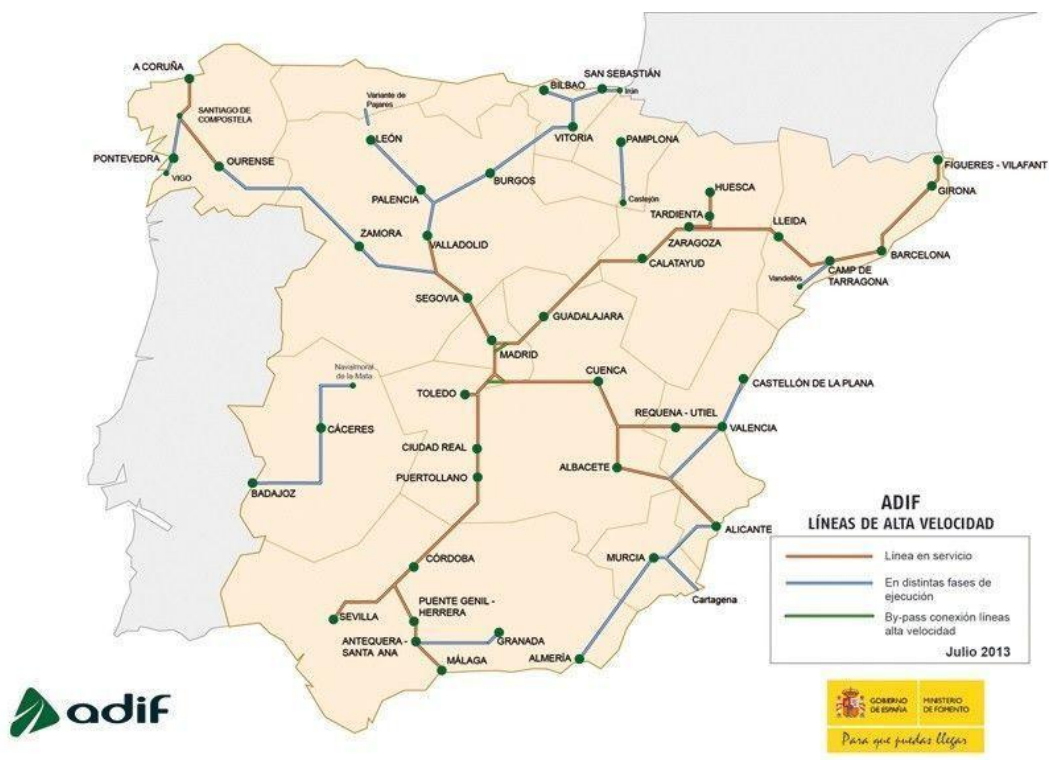


Ilustración 10. Red de trenes de Alta Velocidad. *Fuente: Adif.*



Ilustración 11. Red de autovías y autopistas. *Fuente: www.geotren.es*

Las imágenes mostradas son fiel reflejo del cambio producido en España en las últimas décadas, como consecuencia de la política de inversión en mejora de infraestructuras; si bien, la mayor movilidad de los ciudadanos, las mayores necesidades de transporte de mercancías con respecto a los años previos a la creación de estas mejoras hacen que aún quede mucho trabajo por realizar, amén de las referidas medidas que deben adoptarse en aras a reducir los efectos contaminantes que se derivan de ese incremento de la movilidad de personas y mercancías a nivel nacional y transnacional, haciendo necesaria la compra de derechos de emisión de CO₂, habiéndose gastado entre 2008 y 2012 más de 800 millones en la compra de los mismos. *“La Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA) advierte...: España es, junto con Austria, Liechtenstein y Luxemburgo, el país europeo que necesita comprar más derechos de emisión de CO₂ en proporción a sus emisiones”. “España había comprado 159 millones de toneladas de CO₂ por 770 millones de euros. Y aún le faltaba comprar en el exterior otros 105 millones de toneladas hasta 2014 para cumplir con Kioto”.*²⁸

3.3. Comparación modos de transporte

1. Transporte por carretera

Es el transporte más versátil, puesto que tiene una infraestructura a la que puede acceder todo el mundo ya que llega a cualquier rincón, permitiendo trasladar cualquier tipo de carga, ligera o pesada. Su coste es medio y como fuente de ventajas cuenta con gran accesibilidad y fiabilidad.

2. Transporte por ferrocarril

Tiene un coste inferior al de carretera pero su velocidad media también es ligeramente inferior, aproximadamente entre 70 y 80 kilómetros por hora. El principal inconveniente es la falta de infraestructura en comparación con el transporte por carretera (puede apreciarse claramente en las ilustraciones del apartado anterior), por lo que tanto la frecuencia como la accesibilidad son menores. Además, el ancho de vía en España es mayor al de los países occidentales de Europa, lo que dificulta una correcta comunicación con ellos por esta vía.

²⁸ [El País](#), visitado el 20 de noviembre de 2016

3. Transporte aéreo

Es el medio más veloz de los cuatro y por consiguiente, el menos económico. Tiene una gran fiabilidad pero no así accesibilidad, puesto que es necesario un aeropuerto para acceder a él, algo de lo que carecen la mayoría de ciudades en España. Es el medio preferido cuando tratamos de ir rápido sin mirar el coste asociado.

4. Transporte marítimo

Fue el sistema predominante en épocas premodernas pero que a día de hoy ha pasado a segundo plano en el traslado de mercancías de corta distancia por su lentitud. Cuando no los tiempos de entrega no suponen una ventaja competitiva, este medio es el más adecuado, puesto que tiene los costes por tonelada más bajos a costa de su baja flexibilidad y velocidad. Un ejemplo lo podemos ver en algunas tiendas online chinas que envían con este sistema y con las que recibes un paquete pasados 30 días desde el día de la compra.

A continuación se expone un resumen de todo lo expuesto anteriormente en forma de tabla:

Características	Carretera	Ferrocarril	Aéreo	Marítimo
Coste	Medio	Bajo/Medio	Alto	Bajo/Medio
				Bajo
Velocidad (km/h)	0-96	0-80	0-900	0-32
Frecuencia	Muy buena	Regular	Buena	Limitado
Accesibilidad	Extensa	Limitada	Limitada	Restringido
Fiabilidad	Muy buena	Buena	Muy buena	Limitada

Tabla 1. Comparación modos de transporte. *Fuente: Elaboración propia.*

4. LEGISLACIÓN VIGENTE EN MATERIA MEDIOAMBIENTAL.

Antes de entrar en el resto de legislación resulta oportuno tomar como punto de partida cuanto establece sobre Medio Ambiente el Artículo 191, apartados 1 y 2 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea:

“1. La política de la Unión en el ámbito del medio ambiente contribuirá a alcanzar los siguientes objetivos:

- La conservación, la protección y la mejora de la calidad del medio ambiente,*
- La protección de la salud de las personas,*
- La utilización prudente y racional de los recursos naturales,*
- El fomento de medidas a escala internacional destinadas a hacer frente a los problemas regionales o mundiales del medio ambiente. y en particular a luchar contra el cambio climático.*

2. La política de la Unión en el ámbito del medio ambiente tendrá como objetivo alcanzar un nivel de protección elevado, teniendo presente la diversidad de situaciones existentes en las distintas regiones de la Unión. Se basará en los principios de cautela y de acción preventiva, en el principio de corrección de los atentados al medio ambiente, preferentemente en la fuente misma, y en el principio de quien contamina paga.

*En este contexto, las medidas de armonización necesarias para responder a exigencias de la protección del medio ambiente incluirán, en los casos apropiados, una cláusula de salvaguardia que autorice a los Estados miembros a adoptar, por motivos medioambientales no económicos, medidas provisionales sometidas a un procedimiento de control de la Unión”.*²⁹

No cabe duda que los objetivos marcados no se están consiguiendo, pues a pesar de cuanto se plasma en dicho texto, no deja de ser una declaración de intenciones, que actualmente queda lejos de la realidad, aunque no debemos bajar la guardia y seguir trabajando en ello.

²⁹ [Diario Oficial de la Unión Europea](#), de 30.03.2010, C 83/133, visitado 22 noviembre 2016

No estimándose necesario hacer aquí una relación exhaustiva de toda la normativa existente en materia medioambiental, se van a citar algunas normas relevantes en dicho ámbito:

* [Decisión del Consejo de 25 de abril de 2002](#) relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y al cumplimiento conjunto de los compromisos contraídos con arreglo al mismo.- De cuanto se establece en la misma es destacable: Artículo 1 *“Queda aprobado, en nombre de la Comunidad Europea, el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (el «Protocolo»), firmado en Nueva York el 29 de abril de 1998”,* y de su Artículo 2 *“La Comunidad Europea y sus Estados miembros cumplirán de forma conjunta los compromisos que les impone el apartado 1 del artículo 3 del Protocolo”*.³⁰ Y también cuando menciona: *“el compromiso contraído por los países desarrollados de restablecer para el año 2000, de forma individual o conjunta, los niveles de 1990 de emisiones de dióxido de carbono y de otros gases de efecto invernadero no controlados en el sistema climático”*³¹

* [Reglamento \(CE\) No 1382/2003](#) del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de julio de 2003 relativo a la concesión de ayuda financiera comunitaria para mejorar el impacto medioambiental del sistema de transporte de mercancías (programa Marco Polo).- Del citado programa se habla con detalle en apartado Libro Blanco de este trabajo.

* [Directiva 2003/87/CE](#) del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de Octubre de 2003 por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo.- Resulta de interés especialmente: *“La Comunidad y sus Estados miembros han acordado cumplir conjuntamente sus compromisos de reducir las emisiones antropogénicas de gases de efecto*

³⁰ [Decisión del Consejo de 25 de abril de 2002 relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo de Kioto](#), visitado el 22 de noviembre de 2016

³¹ [Ibidem](#), Apartado (2), L 130/1.

*invernadero contemplados en el Protocolo de Kioto de conformidad con la Decisión 2002/358/CE. La presente Directiva pretende contribuir a que se cumplan en mayor medida los compromisos de la Comunidad Europea y sus Estados miembros, mediante un mercado europeo de derechos de emisión de gases de efecto invernadero...”*³²

* [Directiva 2009/28/CE](#) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.- Cabe destacar de su contenido, lo siguiente: “*El control del consumo de energía en Europa y la mayor utilización de la energía procedente de fuentes renovables, junto con el ahorro energético y una mayor eficiencia energética, constituyen una parte importante del paquete de medidas necesarias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y para cumplir el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y otros compromisos comunitarios e internacionales, con vistas a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero más allá de 2012*”.³³

A nivel de legislación española, procede mencionar la siguiente:

* [Ley 1/2005, de 9 de marzo](#), por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, que realiza la transposición de la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003.³⁴ Dicha Ley incorpora un régimen sancionador (arts. 29 al 35) para los infractores de cuanto la misma dispone.

³² Véase el Apartado (5) de [Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de Octubre de 2003](#), visitado el 22 de noviembre de 2016

³³ Véase el Apartado (1) de [Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE](#), visitado el 22 de noviembre de 2016

³⁴ Véase [BOE núm. 59 de 10 de marzo del 2005](#), p 8405.

4.1. Libro Blanco del Transporte.

El Libro Blanco del Transporte se adoptó por la Comisión Europea con la finalidad de dar respuesta a la nueva realidad de Europa en materia de comunicaciones, para mejorar la calidad de los servicios, facilitar la movilidad, buscar un reequilibrio sostenible en la distribución de los medios de transporte, con el objetivo también de creación de medidas de apoyo a los modos menos contaminantes, como financiación de las infraestructuras que sirvan al objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, como pudiera ser la revitalización del ferrocarril, modernizar servicios, conciliar crecimiento de transporte aéreo y respeto al medio ambiente, optimizar la utilización de infraestructuras, evitar la saturación del espacio aéreo, mejorar la calidad del transporte en carretera, etc.

Una de las medidas ambiciosas de este libro blanco es ayudar al “despegue” de las operaciones intermodales, o denominado el nuevo programa “Marco Polo”. Por supuesto, si en base a esa idea se combinan transportes marítimos con ferroviarios, se conseguiría un descenso en la movilidad de vehículos por carretera, siendo la red ferroviaria más respetuosa con el medio ambiente. Sobre ello se plasman en el citado libro, ejemplos de iniciativas del programa de acciones piloto para el transporte combinado (PACT), creado en 1992 que dieron buenos resultados, del que se citan como ejemplo: *“Algunos éxitos del PACT: Un nuevo servicio de combina el transporte ferroviario y marítimo para conectar Suecia e Italia vía Alemania y Austria. Este servicio descarga las carreteras atascadas en unas 500.000 toneladas al año...”*. *“Servicios de transporte ferroviario-aéreo entre los aeropuertos de Schipol (Ámsterdam) y Milán, que durante su primer año de existencia, ya han retirado de la carretera el equivalente de 45 plataformas de carga aérea semanales”*.³⁵

³⁵ [Libro Blanco, “La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad”](#), visitado el 22 de noviembre de 2016

Estos ejemplos son una prueba de las posibilidades de mejora de los modos de transporte, mediante la financiación, a nivel europeo de estaciones intermodales, ferroviarias-marítimas, ferroviarias-aéreas, etc., para ir modificando esos esquemas de carreteras saturadas de tráileres cruzando Europa, emitiendo una ingente cantidad de emisiones contaminantes, aparte de la menor seguridad para la personas que supone la conducción por carretera, donde se tiene que vigilar por las Fuerzas de Seguridad del Estado en la red viaria que los transportistas respeten su horario de descanso, por el peligro que comporta conducir ese tipo de vehículos con somnolencia, dada la gravedad de los accidentes que producen, más aún si la mercancía que trasladan es además de tipo contaminante pues, como algunas veces sucede, vemos a través de los medios de comunicación la alarma que producen estos accidentes.

Por tanto unas alternativas recomendables, en aras a reducir las emisiones de CO₂ son las de establecer esas medidas legislativas encaminadas a la creación de ese tipo de estaciones intermodales, encaminando partidas presupuestarias a dicha finalidad, e implementando medidas fiscales que hagan económicamente más atractivo el transporte por ferrocarril, comunicando los puertos de mar mediante el uso de lo que se ha dado en llamar las “autovías del mar”, para que absorban en la medida de lo posible el transporte de mercancías que no requieran expresamente su traslado por carretera. Una vez que los cargamentos de contenedores, con los efectos transportados, llegan al puerto de destino, se pueden volver a trasladar a la ciudad de Europa que proceda, mediante uso de ferrocarril.

“El Libro Blanco sobre la política de transportes señala que, de no adoptarse medidas firmes, el transporte de mercancías por carretera crecerá un 50% en la Unión Europea de aquí a 2010. Se prevé que el tráfico transfronterizo se duplique para 2020”.³⁶

³⁶ [Transporte intermodal: programa MARCO POLO](#), p. 1, visitado el 22 de noviembre de 2016

*“El transporte de mercancías por carretera depende totalmente de los combustibles fósiles, que generan cuantiosas emisiones de CO₂. Esta situación exige un mayor recurso a la intermodalidad a fin de contribuir a un mayor aprovechamiento de la infraestructura y los servicios existentes mediante la integración en la cadena logística de los transportes marítimos de corta distancia, por ferrocarril y por vías navegables interiores. En este contexto, el programa Marco Polo (2003-2006) pretende transferir el tráfico de mercancías de la carretera a los modos más respetuosos con el medio ambiente”.*³⁷

El programa Marco Polo que fue puesto en marcha en Europa tras la adopción del Libro Blanco sobre la política europea de transportes de cara al 2010. Hecho en Bruselas el 22 de julio de 2003, entró en vigor el 3 de agosto del mismo año y dio resultados satisfactorios, aunque demasiado limitados si se tiene en cuenta el problema al que nos enfrentamos del calentamiento global del planeta, que requiere de medidas aún más ambiciosas e incisivas de este tipo; no obstante su aplicación ha supuesto una transferencia importante entre modos de transporte.

Si bien es cierto que en dicho programa se toma verdadera conciencia de la necesidad de medidas urgentes, al día de la fecha aún queda mucho por hacer, pero al menos crea ese instrumento de financiación para encarar el problema, del cual se hace eco en varios de sus apartados del referido programa; siendo un ejemplo, el siguiente: *“De no adoptarse medidas firmes, el total del transporte de mercancías por carretera en Europa crecerá aproximadamente un 50 % hasta 2010. El efecto sería un crecimiento del transporte internacional de mercancías por carretera de aproximadamente 12 000 millones de toneladas–kilómetro anuales”.*³⁸

A continuación se exponen imágenes comparativas de como se realizan transportes menos agresivos para el medio ambiente, con respecto a los más contaminantes.

³⁷ [Íbidem](#), visitado el 22 de noviembre de 2016

³⁸ [Reglamento \(CE\) No 1382/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de julio de 2003 relativo a la concesión de ayuda financiera comunitaria para mejorar el impacto medioambiental del sistema de transporte de mercancías \(programa Marco Polo\)](#), visitado el 22 de noviembre de 2016



Ilustración 12. Ejemplos de transporte que reducen la contaminación. Fuente: www.elmundo.es



Ilustración 13. Ejemplo de transporte más contaminante. Fuente: La Voz de Galicia.

La implantación del programa Marco Polo es una medida muy positiva de cara a la finalidad que se persigue, pues incluso cuantifica los beneficios que se producen en el medio ambiente, derivados de su aplicación: *“Marco Polo permite cuantificar los resultados del programa, expresados en términos de transferencia entre modos*

de transporte. Gracias a la calculadora MP (nota 9 de las observaciones del Tribunal de Cuentas), es posible estimar los beneficios medioambientales y el ahorro de costes externos derivados del programa”.³⁹ Existe una cierta dificultad en transferir el transporte por carretera hacia sistemas intermodales por la complejidad de los mismos; no obstante es un esfuerzo que hay que realizar y no debe la UE bajar la guardia en sus iniciativas, buscando soluciones.

No cabe duda que en Europa desde la creación del libro blanco se han ido adoptando medidas encaminadas a la reducción de gases de efecto invernadero, pues hay verdadera conciencia de la grave situación del medio ambiente.

En el Consejo Europeo de Gotemburgo de 15 y 16 de junio de 2001 se dejó constancia de que la estrategia para un desarrollo sostenible debe tener en cuenta un adecuado reparto de la inversión entre los modos de transporte. Y los objetivos que se reflejan en el programa Marco Polo van encaminados a reducir la congestión de las carreteras, *“mejorar el impacto medioambiental del sistema de transporte y potenciar el transporte intermodal, contribuyendo de este modo a un sistema de transporte eficaz y sostenible”*⁴⁰. Dicho programa es ambicioso en cuanto a que no sólo piensa en su aplicación para la UE sino que también pretende que participen los países de la Asociación Europea del Libre Cambio y los del Espacio Económico Europeo (AELC y EEE).⁴¹

La Comisión Europea estima que se debe ayudar a la industria Europa del transporte y realiza propuestas encaminadas a desplazar cantidades del mismo desde las carreteras hacia los métodos menos contaminantes; concretamente menciona: *“Para el futuro, la Comisión considera conveniente prestar apoyo de la*

³⁹ [Respuesta de la Comisión Europea al informe especial del Tribunal de Cuentas europeo « ¿han sido eficaces los programas Marco Polo para desviar el tráfico de las carreteras?» Bruselas 27.05.2013, COM \(2013\) 321 final](#), p 2, visitado el 23 de noviembre de 2016

⁴⁰ [Reglamento \(CE\) No 1382/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de julio de 2003 relativo a la concesión de ayuda financiera comunitaria para mejorar el impacto medioambiental del sistema de transporte de mercancías \(programa Marco Polo\)](#), Artículo 1, “Objetivo”, visitado el 23 de noviembre de 2016

⁴¹ [Ibidem](#) L196/3, Artículo 3.4 “Ámbito de aplicación”.

UE para servicios innovadores del transporte de mercancías para lograr los objetivos de la política de transporte de la UE (servicios intermodales integrados, reducción de la congestión, reducción del impacto medioambiental, soluciones innovadoras, nuevos mercados y tecnologías)..”⁴².

Queda por tanto de manifiesto que las ideas están claras para reducir contaminación, la prueba de que la modificación de hábitos en el transporte de carretera tiene que ir precedida por medidas políticas e incentivos fiscales para hacer más atractivo a las empresas el traslado de mercancías por mar y ferrocarril está fuera de toda duda.

Sin embargo, a pesar de la evidencia de los beneficios ambientales que se obtienen con estas políticas, alentando al mercado para modificar hábitos transfiriendo el transporte por carretera hacia modos alternativos, no se invierte, a juicio del que suscribe, por parte de UE lo suficiente en subvencionar este tipo de programas, pues Marco Polo I y Marco Polo II no fueron financiados con partidas suficientemente importantes, por ejemplo: “MP I: 102 millones EUR, lo que supone alrededor del 0,01% del presupuesto de la UE para las perspectivas financieras 2000-2006. MP II: 450 millones EUR, lo que supone alrededor del 0,05% del presupuesto de la UE para las perspectivas financieras 2007-2013”⁴³.

En definitiva, si observamos las cantidades del presupuesto de la UE destinado a un programa que es tan importante de cara a reducir los gases de efecto invernadero, llegamos a concluir que se puede hacer mucho más en esta dirección, debiendo invertir cantidades muy superiores a las mencionadas.

Por tanto, el Libro Blanco sobre la política europea de transportes puede considerarse una herramienta adecuada para contribuir a la lucha contra el cambio climático y calentamiento global del planeta, pues sus medidas van encaminadas a revitalizar el ferrocarril, conectarlo con el transporte marítimo, desarrollar autopistas

⁴² [Respuesta de la Comisión Europea al informe especial del Tribunal de Cuentas europeo «¿han sido eficaces los programas Marco Polo para desviar el tráfico de las carreteras?» Bruselas 27.05.2013, COM \(2013\) 321 final](#), p 3, visitado el 23 de noviembre de 2016

⁴³ [Ibidem](#), p 4.

del mar, crear un nuevo marco normativo para los combustibles de sustitución, fomento de grandes infraestructuras, corredores multimodales y una batería de opciones alternativas al consumo de petróleo que, aunque no se le haya dedicado hasta el día de la fecha el aporte presupuestario deseable, puede decirse que van en la buena dirección en aras a reducir las emisiones de CO₂.



Ilustración 14. Maqueta: Estación intermodal que combina transporte ferrocarril-barco. *Fuente:*

<http://www.transporte3.com>

4.2. Libro Verde.

El Libro Verde de la Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas 18.07.2001, bajo el título “Fomentar un marco europeo para la responsabilidad social de las empresas”, con respecto a lo que nos ocupa en el presente trabajo, tiene entre sus objetivos el de elevar los niveles de desarrollo social, protección medioambiental y respeto de los derechos humanos y para ello el de “iniciar un

amplio debate sobre cómo podría fomentar la Unión Europea la responsabilidad social de las empresas a nivel europeo e internacional, en particular sobre cómo aprovechar al máximo las experiencias existentes, fomentar el desarrollo de prácticas innovadoras, aumentar la transparencia e incrementar la fiabilidad de la evaluación y la validación".⁴⁴. En su definición de responsabilidad social de las empresas, la identifica como *"un concepto con arreglo al cual las empresas deciden voluntariamente contribuir al logro de una sociedad mejor y un medio ambiente más limpio"*.⁴⁵ En estos términos se muestra el interés en Europa, una vez más, en poner remedio a la problemática de la contaminación.

En el texto del citado libro se incide en que aunque la responsabilidad principal de las empresas consiste en generar beneficios, ello no es óbice para contribuir al mismo tiempo al logro de objetivos sociales y medioambientales y recuerda, entre otras, las iniciativas en este sentido de los Consejos Europeos tanto de Lisboa, como Estocolmo o Gotemburgo, en este último se hace mención a "establecer un marco por el que las empresas deban integrar consideraciones ambientales y sociales en sus actividades". Todo ello pone de relieve la compatibilidad entre beneficios empresariales y responsabilidad con el respeto al medio ambiente, como una meta a alcanzar, mediante sensibilización y apoyo a la difusión de las buenas prácticas, con la finalidad de conseguir una mejora medioambiental.

En el Gobierno de España, el Libro Verde de la Sostenibilidad Urbana y Local en la era de la información, Madrid 2012, realizado en el marco del Convenio de colaboración entre el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, se ponen de manifiesto, entre otros asuntos, el relativo a la emisión de gases y problema de contaminación en las ciudades, producido por la actividad humana.

⁴⁴ Véase [Comisión de las Comunidades Europeas, Libro Verde Bruselas, 18.7.2001 COM \(2001\) 366 final](#), visitado el 24 de noviembre de 2016, resumen, apartado 7, p 3.

⁴⁵ [Ibídem](#), Introducción, p 4.

“Los síntomas del denominado cambio climático debido al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero son cada vez menos discutidas. El consenso científico, canalizado a través del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de que el calentamiento del planeta en los últimos cincuenta años es debido a causas antrópicas es amplio y cada vez más firme”⁴⁶. A continuación se expone un gráfico que evidencia cuanto se viene exponiendo en el presente trabajo sobre la emisión de gases de efecto invernadero.

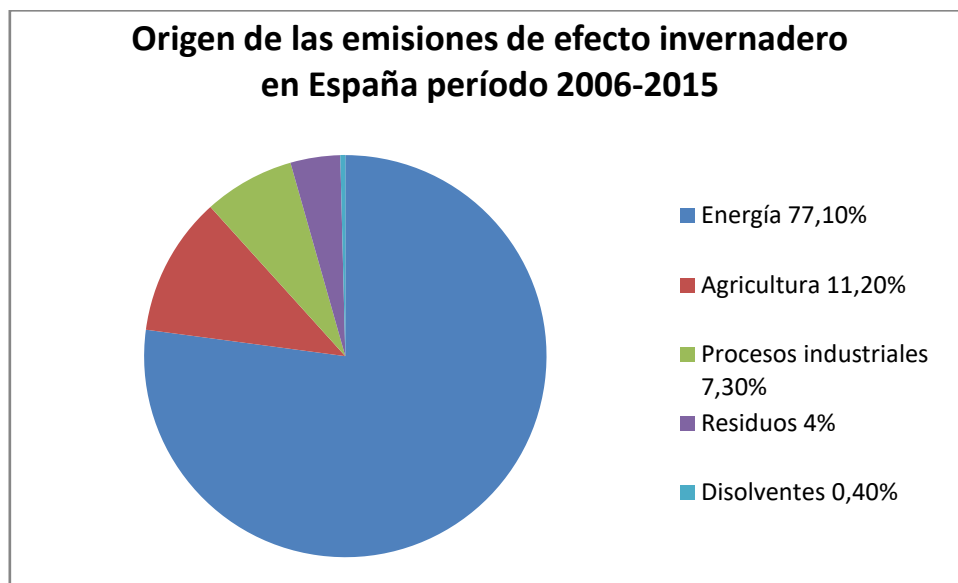


Gráfico 3. Origen emisiones de efecto invernadero en España. Fuente: *Elaboración propia a partir del Libro Verde de Sostenibilidad Urbana y Local.*

Del contenido del citado libro se desprende una vez más la necesidad y urgencia en reducir la dependencia de los combustibles fósiles, sustituyendo el consumo de los mismos por energías renovables. *“Hoy, la escalada del precio del barril de crudo y la vulnerabilidad que supone para el funcionamiento de nuestras ciudades la dependencia abrumadora de los combustibles fósiles, obliga a preparar a la población para que entienda e impulse los escenarios que permitan un sistema energético descentralizado, eficiente, limpio y renovable”⁴⁷.*

⁴⁶ [El Libro Verde de la Sostenibilidad Urbana y Local en la era de la información](#), p 224, visitado el 24 de noviembre de 2016

⁴⁷ [Ibidem](#), p. 22.

5. ANÁLISIS DAFO

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), dependiente del Ministerio de Industria, Energía y Turismo tiene como misión “contribuir a la consecución de los objetivos que tiene adquiridos nuestro país en materia de mejora de la eficiencia energética, energías renovables y otras tecnologías bajas en carbono”⁴⁸. El Real Decreto-ley 20/2012, de 13 de julio, de medidas para garantizar la estabilidad presupuestaria y de fomento de la competitividad, amplía las funciones del IDAE para dar apoyo a las tecnologías orientadas a la descarbonización de la generación eléctrica, entre otros cometidos.

Ello tiene que afrontarse mediante sustituciones de los derivados del petróleo por el gas natural e incluso por la electricidad. Esto se consigue, entre otras medidas, mediante *“un parque de vehículos eléctricos en donde confluya un porcentaje muy pequeño de otros vehículos con otras fuentes de energía, a través del cambio modal de entre el 40% y el 60% del transporte pesado, y gracias a una reducción también por el uso de productos energéticos que generen menos emisiones en los sectores residencial, industrial y de servicios”*.⁴⁹

Son competencia del IDAE desarrollar políticas de eficiencia energética, diversificación de las fuentes de energía y fomento de energías renovables. *“Las energías renovables mantienen una contribución ascendente al suministro energético en España, coincidiendo con el impulso de los sucesivos Planes nacionales de energías Renovables, 2005/2010 y 2011/2020”*.⁵⁰

Hecha esta introducción sobre las importantes funciones del IDAE en España, a continuación se exponen Análisis DAFO, relacionados con el contenido del presente trabajo, emitidos por dicho Instituto.⁵¹

⁴⁸ [Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía](#), visitado el 26 de noviembre de 2016

⁴⁹ [La descarbonización de la estructura energética española](#), visitado el 26 de noviembre de 2016

⁵⁰ [Memoria Anual IDAE, año 2014](#), visitado el 26 de noviembre de 2016, p 14

⁵¹ [Análisis DAFO del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía](#), anexo II, visitado el 26 de noviembre de 2016

DEBILIDADES	AMENAZAS
1. El marco de apoyo a las energías renovables ha supuesto un sobrecoste para el sistema eléctrico que ha incrementado el déficit tarifario. 2. Dificultades para el acceso al crédito para proyectos de energías renovables en parte debido a cambios en el marco regulatorio. 3. Complejidad de la tramitación administrativa para las instalaciones de generación eléctrica. 4. Escaso desarrollo de la energía a partir de biomasa forestal residual o subproductos o residuos de la agricultura e industrias agrarias con destino a explotaciones, industrias o pequeñas comunidades locales.	1. El incremento de costes del sistema se traduce en la tarifa eléctrica, lo que reduce la competitividad de las empresas y afecta a la renta disponible de las familias. 2. La eventual necesidad de nuevas medidas de reducción de costes del sistema podría afectar a la situación financiera de los agentes que participan en el mismo, en particular a los titulares de instalaciones renovables. 3. La reducción de la demanda eléctrica provocada por la crisis puede afectar al desarrollo de las renovables en nuestro país. 4. Incentivos insuficientes para rentabilizar la diversificación tecnológica de las energías renovables.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
1. Gran implantación en el sector eléctrico español que ha supuesto mayor autonomía energética y descarbonización. 2. Sector empresarial e industrial asociado con liderazgo mundial en algunas tecnologías. 3. Plataformas tecnológicas y empresariales organizadas para el desarrollo de las renovables, así como centros de investigación punteros y empresas de servicios energéticos. 4. España es un caso único de sistema de integración de las energías renovables en la red, que puede ser exportado. 5. Alto potencial de energías renovables consolidadas y con posibilidades de desarrollo (solar, eólica, biomasa, geotérmica).	1. Situación privilegiada en los intercambios energéticos con el norte de África. 2. Existencia de recursos y zonas geográficas con alto potencial. 3. Posibilidad de desarrollo de nuevas tecnologías y sistemas con alto potencial: hidrógeno, almacenamiento de energía, energías marinas, geotermia, almacenamiento y captura de carbono, combustibles sintéticos, etc. 4. Creación de empleo de calidad 5. Posibilidad de generación distribuida de renovables en pequeñas instalaciones próximas al consumo para explotaciones agrarias o pequeñas comunidades locales. Sobre todo de energía térmica. 6. Diversificación de la actividad en las zonas rurales por el aprovechamiento de la biomasa para pequeñas instalaciones de autoconsumo (en general térmico), que además supone la reducción del riesgo de incendios forestales.

Tabla 2. DAFO del sector de las energías renovables en España. *Fuente: Elaboración propia a partir del IDAE.*

DEBILIDADES	AMENAZAS
1. Reparto modal muy desequilibrado a favor de la carretera 2. Elevados niveles de CO₂ en la atmósfera por preeminencia de sistemas de transporte altamente contaminantes. 3. Deficiente interconexión ferroviaria con Francia. Necesidad de completar la interconexión con Portugal. 4. Baja participación del transporte intermodal. 5. Enlaces pendientes de completar. Baja accesibilidad a puertos y otros nodos de transporte y actividad económica. 6. Itinerarios de Líneas de Alta Velocidad no cerrados y por ello, no plenamente operativos. 7. Fuerte atomización del sector y falta de cualificación profesional en el sector del transporte. Lentitud en el proceso de concentración empresarial. 8. Reducida utilización de TICs en algunos sectores y modos de transporte de mercancías.	1. Baja disponibilidad de recursos financieros por consolidación fiscal y disminución de la financiación europea. 2. Conflictos de uso de las infraestructuras, en particular por ferrocarril, en los accesos a las grandes ciudades.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
1. Infraestructuras de transporte con un cierto grado de desarrollo. Sistema ferroviario de Alta Velocidad muy competitivo en transporte de viajeros. 2. Avance en el desarrollo de los principales corredores europeos de mercancías, especialmente en el Corredor Mediterráneo. 3. Interés del ferrocarril como medio de transporte sostenible. 4. Iniciativas de inversión privada y experiencias de PPP en instalaciones ferroviarias y logísticas (terminales portuarias, nodos de carga y conexiones, etc.) 5. Modernización de los modelos de gestión y organización en todos los modos, en especial del ferroviario, promoción en condiciones de competencia leal.	1. Posición geoestratégica de España. 2. Procesos de concentración e internacionalización de las empresas españolas. Potencial de innovación y desarrollo tecnológico. 3. Mejora del transporte internacional de mercancías e integración logística de la cadena de suministro. 4. Interés creciente por el uso del ferrocarril tanto para viajeros como mercancías y logística. Elevado potencial de mejora mediante medidas de gestión y necesidades de inversión ajustadas. 5. Progreso en el despliegue de la red de Alta Velocidad en el territorio. 6. Globalización: exigencia de servicio en toda Europa, tendencia a la externalización de transporte y logística, y entrada de competidores de gran tamaño y servicio paneuropeo. 7. Dinamismo del sector exportador español. 8. Capacidad de mejora ambiental del transporte a través de la optimización modal. 9. Incorporación de buenas prácticas y nuevos desarrollos en el ámbito de la UE.

Tabla 3. DAFO del sector del transporte en España. Fuente: *Elaboración propia a partir del IDAE.*

DEBILIDADES	AMENAZAS
1. Falta de formación e información sobre el negocio de los servicios energéticos (contabilización y garantía de ahorros) 2. Reducida capacidad del sector público para incentivar la adopción de tecnologías eficientes por el sector privado. 3. Movilidad basada, en lo relativo a personas, en el vehículo privado, y en lo relativo a mercancías, en el transporte por carretera, con escasa participación del vehículo eléctrico y los biocarburantes.	1. La crisis financiera implica la ausencia de oportunidades crediticias en el sector privado y restricciones presupuestarias en el sector público. 2. Cómputo para el déficit y deuda públicos de los contratos de servicios energéticos que se promuevan por las Administraciones Públicas.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
1. Buenos resultados previos de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 y el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020. 2. Experiencia en el diseño, puesta en marcha y seguimiento de los planes de eficiencia. Marcos de colaboración entre Administraciones probados con éxito. Incremento del esfuerzo privado como consecuencia de la creación de un mercado de servicios energéticos para la mejora de la eficiencia energética. 3. Existencia de una red de empresas y profesionales de alta capacidad demostrada. 4. Existencia de organizaciones de usuarios y consumidores que facilitan la participación activa en el sistema energético.	1. Ahorros económicos derivados de menores consumos energéticos que redundan en la mejora de competitividad empresarial e industrial y en la ciudadanía. También en el parque de viviendas. 2. Demanda social creciente en mejoras ambientales y de sostenibilidad. 3. Creación de empleo en el sector de la eficiencia energética (especialmente en PYMEs), empresas de servicios energéticos y en industrias de mantenimiento e instalación de equipos, castigadas por la crisis económica por su ligazón al sector de la construcción. 4. Efecto multiplicador sobre otros sectores (se estima que por cada empleo en eficiencia energética se crean 1.64 en el resto de la economía) 5. Reducción de la dependencia energética del exterior 6. Orientar la movilidad hacia estándares europeos, con mayor presencia del transporte colectivo (en menor medida de la bicicleta y otros medios) 7. Aumento del aprovechamiento térmico con recursos renovables en el sector de la edificación e impulso de los sistemas de calefacción de distrito. 8. Desarrollo de proyectos innovadores 9. Posibilidad de aumentar la eficiencia y uso de energías alternativas (en su mayoría térmica) en naves agrarias, industrias agroalimentarias, maquinaria, etc. 10. Uso de la biomasa derivada de la gestión forestal y biomasa agraria para pequeñas instalaciones de biomasa.

Tabla 4. DAFO de la eficiencia energética por cambio de tecnologías y procesos en diferentes sectores consumidores finales de energía. *Fuente: Elaboración propia a partir del IDAE.*

6. GESTIÓN DE FLOTAS EN EL SECTOR DEL TRANSPORTE

6.1. Introducción

Una flota es un agregado de vehículos que dependen financieramente de una organización. En el presente punto se va a desarrollar una aplicación de gestión a una flota de vehículos de mercancías desde el punto de vista de la eficiencia energética y por consiguiente, económica, de manera que se desarrollarán lo que son las auditorías energéticas, la optimización económica de la flota, distintos programas de gestión tanto de costes, combustible, como software informáticos modernos que ayudan al diseño de rutas y mejoran la eficiencia en general de la flota de una empresa.

Tipos de flotas de transporte en función del tamaño⁵²:

- Flotas pequeñas: Hasta 5-6 vehículos y la mayor parte del trabajo va destinado a un solo cliente.
- Flotas medianas: De 6 a 30 vehículos. Suelen ser empresas familiares que han crecido gracias a una correcta gestión y mediante la especialización.
- Flotas grandes: Empresas grandes con más de 30 vehículos, propios o subcontratados a autónomos. Pueden tener secciones en el país y desenvolverse como operadores logísticos.

Tipos de flotas de transporte en función del tipo de carga:

- Carga general: Pueden ser paletizadas o no.
- Cargas especiales: De grandes dimensiones o mercancías peligrosas.
- Cargas a granel: De pequeño o gran espesor.

Además, según el tonelaje de la flota, podemos atender también a la siguiente clasificación⁵³:

⁵² [Guía para la Gestión del Combustible en las Flotas de Transporte por Carretera](#). IDAE, visitado el 14 de marzo de 2017

⁵³ Temario "[Manutención y Almacenaje](#)" p.156 M. Hermoso EPSJ

- Flota ligera: Furgonetas o furgones de bajo coste. Admiten hasta 7,5 toneladas y tienen como fin emplearlas como reparto en destino.
- Flota pesada. A su vez se subdivide en 4 tipos de vehículos:
 - Vehículos rígidos: Camiones de hasta 12 metros y hasta 32 toneladas.
 - Vehículos articulados (semirremolques): Vehículos que constan de cabeza tractora y remolque, con una longitud de 16 metros que consigue una carga de hasta 44 toneladas.
 - Vehículos rígidos con remolques: Es el conocido como “tren de carretera”, con una longitud de hasta 18 metros y una carga de hasta 40 toneladas.
 - Vehículos para transportes especiales: Aquí entran camiones frigoríficos, cisterna, de bebidas, compartimentados, etc.

A continuación se añade la normativa vigente por el Real Decreto 1317/91 en la que se encuadran los pesos y dimensiones de los vehículos de transporte de mercancías en España:⁵⁴



Ilustración 15. Normativa pesos y dimensiones flota. Fuente: *Manual de logística integral*

⁵⁴ Pau, J. y Navascués, R. (1998). Manual de logística integral. Editorial Díaz Santos

6.2. Eficiencia energética

Hay muchos modos de ser eficientes en el ámbito logístico, y en función de la empresa y sus necesidades tendrán que aplicar medidas de eficiencia energética empleando medios que contaminan poco o incluso con cero emisiones.

Por lo que respecta a empresas que dependan de una flota de vehículos contaminantes, es de vital importancia, como recuerda la IDAE, el conocimiento de los consumos de carburante de todos los vehículos, debido a que resulta fundamental a la hora de implementar sistemas avanzados de control de combustible. Recomienda este Instituto, tener un sistema de control que permita calcular el consumo de un vehículo en un determinado período. Indica también que es indispensable que el conductor anote los litros repostados y los kilómetros recorridos que marca el tacógrafo, todo ello como veremos, será mucho más sencillo e intuitivo si hacemos uso de software especializado para tal fin. Un ejemplo real podría ser el siguiente:

Parte de repostaje	
Matrícula	3452 CFC
Conductor	Francisco Álvarez
Tacógrafo	118.521 km
Litros	182.40 litros
Surtidor	Depósito B
Fecha	23/5/2016
Hora	17:45

Tabla 5. Parte de repostaje de un vehículo de la flota. *Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.*

Matrícula vehículo: 3452 CFC				
Nº Repostaje	Km tacógrafo	Litros	Km recorridos	Consumo
1	113.942	328,30	1.129	29,08 l/100km
2	114.264	84,21	322	26,15 l/100km
3	115.002	241,40	738	27,29 l/100km
4	115.629	177,30	627	28,28 l/100km
5	116.164	144,00	535	26,92 l/100km
6	117.211	280,86	1.047	26,83 l/100km
7	117.921	190,75	710	26,87 l/100km
8	118.521	182,40	600	30,40 l/100km
9	119.436	250,31	915	27,36 l/100km
10	120.092	176,33	656	26,88 l/100km
11	120.464	108,46	372	29,16 l/100km
12	121.037	150,23	573	26,22 l/100km
13	121.886	237,77	849	28,01 l/100km
14	122.113	62,54	227	27,55 l/100km
15	122.466	97,00	353	27,48 l/100km

Tabla 6. Control de repostaje. Fuente *Elaboración propia a partir del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.*

Un error que se comete frecuentemente es hallar la media de consumo de un vehículo concreto como media de los consumos de cada repostaje, ya que este procedimiento no es correcto para la media total de un periodo largo.

Para el cálculo total anual se tendrá la precaución de realizar la media de consumo, no a partir de las medias de consumo de cada mes, sino de los kilómetros mensuales recorridos por cada vehículo y los litros de combustible que se utilizaron para ello.

Indica también este Instituto que se debe potenciar el uso de los vehículos más eficientes en el consumo de carburante, de manera que las distancias más largas recaigan sobre aquellos vehículos de menor consumo.

6.3. Eficiencia económica

Otro factor a tener muy en cuenta es la gestión de los tanques de combustible, ya que son fundamentales para disminuir los gastos en carburante, debido a que los grandes distribuidores realizan ofertas notables si se realizan grandes pedidos.

Todo ello dependerá como es evidente de la dimensión de la flota a manejar así como de los tipos de vehículos que la componen. Según la IDAE, los suministradores de productos petrolíferos ofertan para grandes pedidos a unos precios que rebajan entre un 10% y un 15% los vigentes en estaciones de servicio, de modo que solo podemos beneficiarnos de estos descuentos si tenemos un tanque en las instalaciones de la empresa, por lo que se antoja vital tenerlo (siempre y cuando sea viable) debido a la notoriedad del descuento, tanto en términos monetarios como temporales, puesto que se ahorran trayectos hacia estaciones de repostaje.

Para hacer una correcta estimación de la viabilidad habrá que tener en cuenta el tamaño del tanque de combustible, así como de los niveles del mismo, aplicando cálculos teóricos del nivel de combustible que queda y realizando mediciones periódicas. Si el tamaño de la flota (o su consumo) no es muy alto, será necesario realizar una serie de cálculos antes de proceder a la instalación de un tanque de combustible para el abastecimiento propio en las instalaciones de la base de la flota.

$$\text{Retorno de la inversión (días)} = \frac{\text{Coste inversión (€)}}{\text{Ahorro } \left(\frac{€}{\text{día}} \right)}$$

$$\text{Ahorro (al día)} = \frac{\text{Consumo } \left(\frac{\text{Litros}}{100 \text{ km}} \right)}{100} * \text{Distancia } \left(\frac{\text{km}}{\text{día}} \right) * \text{Descuento } \left(\frac{€}{\text{litro}} \right)$$



Ilustración 16. Ejemplo tanque de biodiesel. *Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía.*

Ejemplos de aplicación real:

1. Una empresa va a invertir en la compra de un depósito de 20.000 € para abastecer una flota de vehículos que recorre diariamente 12.000 km y consume de media 30 l/100 km. El proveedor le hace un descuento de 0,10 €/litro de gasóleo. ¿En cuántos días rentabiliza la inversión?

$$\text{Retorno de la inversión (días)} = \frac{\text{Coste inversión (€)}}{\text{Ahorro } \left(\frac{\text{€}}{\text{día}}\right)} = \frac{20000}{30 * 12.000 * 0.10 / 100} = 56 \text{ días.}$$

2. Un vehículo que consume 30 l/100 km tiene que llenar su depósito y no sabe si volver a la empresa a llenarlo o hacerlo en una estación de servicios. Si vuelve, se desvía 68 km de su ruta. Sabiendo que el precio en tanque es de 0.87 €/l y en la estación es de 0.97 €/l, ¿cuántos litros debe repostar para que sea rentable volver?

$$\text{Litros mínimos} = \frac{68 \text{ km} * 30 \left(\frac{\text{litros}}{100 \text{ km}}\right) * 0.88 \left(\frac{\text{€}}{\text{litro}}\right)}{100 * (0.97 - 0.88)} = 199 \text{ litros.}$$

Por otro lado, hay que tener en cuenta la gran relevancia de los costes de transporte para empresas que trasladan mercancía. Éstos, según la IDAE, pueden ser de hasta el 30% de los costes globales de la empresa, como muestra la imagen inferior:

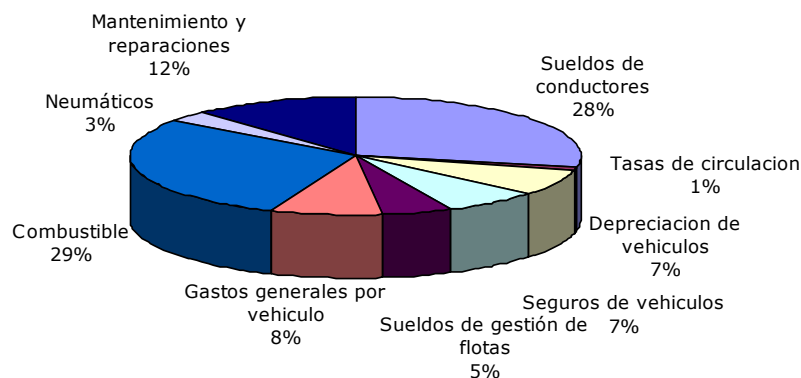


Gráfico 4. Estructura de costes de una empresa de transporte de mercancías. Fuente: Curso de Gestión Eficiente de Flotas.

Suponiendo otro ejemplo de aplicación real, para entender la importancia de la eficiencia en la gestión de flotas de vehículos, una empresa que tenga 10 vehículos con un recorrido medio de 80.000 km y un consumo de 34 litros de cada 100 kilómetros a un precio estimado de 1,1€ por cada litro y que aplicando algunas de las medidas eficientes estudiadas, se consigue un ahorro aproximado del 5% en el gasto del mismo.

Teniendo en cuenta que el gasto en combustible en este tipo de empresas suele ser de alrededor del 30% de los costes totales (como puede verse en el gráfico superior obtenido en el Curso de Gestión Eficiente de Flotas) y que antes de implantar el programa el beneficio empresarial era del 5%, vamos a analizar el incremento de beneficio que supone aplicar un programa de gestión eficiente y la reducción en CO₂ considerando una emisión media de 2.6kg de CO₂ por cada litro de gasóleo.

Con los datos anteriores, obtenemos un coste total en combustible de 299.200€ anuales, fruto del cociente de 10 vehículos, por 80.000 km anuales, 1,1 €/litro y un consumo de 34 litros cada 100 kilómetros.

	Coste	Combustible
Coste y total de combustible	299.200€	272.000 litros
Ahorro (5%)	14.960€	13.600 litros

Tabla 7. Ahorro en costo y litros de combustible aplicando medidas de eficiencia energética. *Fuente: Elaboración propia a partir de Curso de Gestión Eficiente de Flotas*

	ANTES	DESPUÉS
Costes combustible	299.200€	284.240€
Costes totales	997.333€	982.373€
Beneficios	49.867€	64.827€
% Beneficios	5,00%	6,60%
Aumento relativo de beneficios (en %)		30,00%
Reducción de emisiones de CO ₂ (en kg)		35.360

Tabla 8. Beneficios una vez aplicadas las medidas de eficiencia energética. *Fuente: Elaboración propia a partir de Curso de Gestión Eficiente de Flotas*

Como puede apreciarse, la medida adoptada de realizar una gestión eficiente en este tipo de empresas es fundamental, puesto que se consigue una reducción notable de emisiones de CO₂ (35.360kg) y un aumento en los beneficios relativos muy importante (30%). Con estrechos márgenes de beneficio, como es el caso de esta empresa que cuenta con un 5% de beneficio, este 5% de ahorro puede significar la diferencia entre un negocio rentable y unas pérdidas en la cuenta de resultados, por lo que es capital realizar una gestión responsable con el medioambiente y a su vez rentable en el balance final de cuentas.

6.4. Auditoría Energética

Las auditorías energéticas son un proceso ordenado gracias al cual se valora el consumo energético de una empresa, detectando los agentes que afectan al consumo de energía e identificando, evaluando y ordenando las distintas oportunidades de ahorro energético según su rentabilidad.

Tiene como objetivos evaluar el consumo de energía mediante indicadores, estudiar los factores que influyen en el consumo así como seleccionar las oportunidades de ahorro energético. Estos objetivos se consiguen a través de cinco etapas que se detallan a continuación: Toma de datos, inventario de la flota, diagnóstico actual y tendencial y plan de actuación.

El primer objetivo de evaluación del consumo actual se consigue mediante las tres primeras etapas, y los dos últimos objetivos a través del diagnóstico tendencial y plan de actuación.

- Toma de datos: Consiste en la realización de encuestas, aforos, entrevistas, observación directa, elaboración de documentos así como confección de sistemas de información in situ.
- Inventario de la Flota: Se analizan las características de cada vehículo (consumos, emisiones, edad, potencia...), se clasifica al personal e instalaciones y se registran las características de operaciones (horarios, frecuencias, tiempos y distancias).
- Diagnóstico actual: Hay que tener en cuenta el dimensionado de la flota, las rutas de transporte, la localización de puntos de recogida y entrega así como los tiempos, consumos, emisiones y políticas de mantenimiento y renovación.
- Diagnóstico tendencial o prospectivo: Se hace una estimación de la situación futura, de la posible evolución que puede experimentar el mercado, un cálculo de los indicadores en el futuro y un análisis comparativo con la situación actual o de partida.
- Plan de actuación: Para cada medida de actuación hay que realizar:
 - Descripción de la actuación
 - Viabilidad operativa
 - Agentes involucrados
 - Cuantificación energética, es decir, ahorro del consumo
 - Cuantificación económica (costes e ingresos)
 - Cuantificación medioambiental (emisiones)
 - Impacto sobre la calidad de servicio
 - Plazos y presupuesto de implantación

Los principales agentes o valores que hay que tener en cuenta para medir la eficiencia de las actividades de la empresa son los siguientes:

1. Índices de consumo de combustible
2. Índices de estructura del parque de vehículos
3. Índices kilométricos
4. Índices de aprovechamiento de los vehículos
5. Índices de recorrido en carga
6. Índices de carga
7. Índices de costes específicos
8. Índices de estructura del personal
9. Índices de mantenimiento

6.5. Caracterización de las Flotas

Para caracterizar la flota de vehículos se debe tener en cuenta la estructura del parque móvil, o lo que viene a ser lo mismo, el tamaño, magnitud de las operaciones, actividades y tipo de vehículos. Además es necesario interpretar de forma adecuada los indicadores energéticos previamente mencionados en la auditoría energética.

Como hemos visto previamente en el apartado introductorio, hay muchos medios de transporte de la flota, como el marítimo, ferroviario, por carretera, aéreo o fluvial. Además, en función del número de modos también podemos hablar de transporte unimodal, inter-modal o multi-modal.

Al inicio del presente apartado se ha visto una breve clasificación según el Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético de las distintas flotas. Este instituto también realizó una clasificación de los vehículos en el mismo documento que se resume a continuación:⁵⁵

⁵⁵ [Guía para la Gestión del Combustible en las Flotas de Transporte por Carretera](#). IDAE, visitado el 4 de abril de 2017

- Vehículos ligeros
 - Turismos
 - Motocicletas
- Furgonetas
- Camiones
 - Rígidos (cabina y caja)
 - Ligeros: Hasta 3,5 toneladas
 - Pesados: Superior a 3,5 toneladas.
 - Cabezas tractoras: Constan de un bastidor con motor y cabina
 - Hasta trescientos ochenta caballos de potencia.
 - Desde trescientos ochenta caballos de potencia.
 - Vehículos de obra y especiales

El objetivo debe ser tener un número adecuado de vehículos y que consten de las especificaciones más apropiadas para satisfacer la demanda del mercado. Para ello hay que seguir una serie de indicaciones:

1. Enumerar los vehículos disponibles, clasificándolos por marca y antigüedad.
2. Realizar una estimación de la demanda media y máxima en un periodo.
3. Prever la cuantía de vehículos necesarios para satisfacer la demanda
4. Examinar si hace falta aumentar la flota de vehículos.

Para saber si el dimensionado de la flota es el adecuado, tenemos una serie de indicadores como: número de kilómetros recorridos por cada vehículo por salida, número de unidades trasladadas por vehículo, salidas por vehículo, cantidad transportada por capacidad autorizada y cuantía de horas de funcionamiento por vehículo.

Para ver más claro todo lo expuesto anteriormente, se va a hacer uso de un ejemplo de análisis del dimensionado de una empresa de distribución que envía en tráilers de veinte toneladas, con tres envíos a la semana y una estimación de 5000 toneladas enviadas a final de año. Según estudios, los índices de estacionalidad son los siguientes:

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Estacionalidad	0.8	0.8	0.9	1.3	1.5	1.5	0.3	0	0.3	1.6	1.0	2.0

Tabla 9. Índices de estacionalidad del ejemplo análisis de dimensionado. *Fuente: Elaboración propia a partir de Curso de Gestión Eficiente de Flotas.*

Se procederá al cálculo del número de vehículos que hacen falta mensualmente así como de los índices de carga.

Para ello se elaborará una tabla en la que se calcularán las toneladas transportadas, número de vehículos, toneladas en vacío e índices de carga. Para cada columna se realizarán las siguientes operaciones:

$$\text{Toneladas transportadas} = \frac{\text{Toneladas enviadas a final de año}}{\text{Índice de estacionalidad} * 12 \text{ meses}}$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Toneladas transportadas}}{\text{Toneladas por cada tráiler} * \text{Número de meses}}$$

Toneladas en vacío = Número de vehículos * Toneladas por tráiler * Número de meses - Toneladas transportadas.

$$\text{Índices de carga} = \frac{\text{Toneladas transportadas}}{\text{Toneladas transportadas} + \text{Toneladas en vacío}}$$

Mes	Toneladas transportadas	Número de vehículos	Toneladas en vacío	Índices de carga
1	333,3	2	146,7	0,69
2	333,3	2	146,7	0,69
3	375,0	2	105,0	0,78
4	541,7	3	178,3	0,75
5	625,0	3	95,0	0,87
6	625,0	3	95,0	0,87
7	125,0	1	115,0	0,52
8	0,0	0	0,0	-
9	125,0	2	115,0	0,52
10	666,7	3	53,3	0,93
11	416,7	2	63,3	0,87
12	833,3	4	126,7	0,87
	5000	27	1240,0	0,80

Tabla 10. Resultados del ejemplo análisis de dimensionado. *Fuente: Elaboración propia a partir de Curso de Gestión Eficiente de Flotas.*

Así pues, serán necesarios 27 vehículos para transportar las 5000 toneladas anuales, con un índice de carga medio mensual del 0,8, es decir, los vehículos tendrá un índice de ocupación medio del 80% durante el año.

6.6. Gestión de Costes

Como ya hemos visto anteriormente, los costes derivados del transporte son alrededor del 30% de los totales de una empresa de transporte de mercancía, por lo que se antoja fundamental realizar una adecuada gestión de los mismos y emplear diversos sistemas para su gestión. Por ello, a lo largo del presente punto, vamos a analizar qué se debe tener en cuenta para realizar una correcta gestión (indicadores, tipos de costes) así como un programa de gestión de costes, llamado ACOTRAM.

6.6.1. Sistemas de gestión de costes

El objetivo de un sistema de gestión de costes no es otro que ayudar a tomar decisiones que permitan un aumento en los beneficios empresariales, de modo que sus funciones más importantes son medir los costes de los servicios que presta y proveer indagaciones relevantes a los empleados.

Para ello se dispondrá tanto de parámetros como indicadores. Respecto a los primeros, tendremos que tener en cuenta el número de kilómetros de cada vehículo, vida útil, volumen de combustible usado, capital, precio del combustible y tiempos de operación. En cuanto a los segundos, podemos hablar de diversos costes (mantenimiento, reparaciones, neumáticos o combustible por cada kilómetro recorrido), dietas de los trabajadores o cuotas anuales referentes a la amortización propia de los vehículos y equipos de la empresa, además de los impuestos propios de la actividad empresarial.

En lo que respecta a costes, según el Curso de Gestión Eficiente de Flotas, tenemos la siguiente clasificación:

1. Costes directos: Coligados a de forma intrínseca a una prestación de transporte. Pueden dividirse en:
 - a. Costes fijos: No cambian según el volumen de operaciones.
Tipos:
 - i. Salarios: Se tiene en cuenta el salario bruto del empleado y la Seguridad Social del mismo a cargo de la empresa.
 - ii. Seguros: La ley obliga a asegurar el remolque, la mercancía, la cabeza tractora y a hacer un seguro por responsabilidad civil.
 - iii. Gravámenes: Referidos a la inspección técnica de vehículos (ITV), impuesto sobre vehículos de tracción mecánica e impuestos sobre la propia actividad de la empresa.

- iv. Gastos financieros: Incluyen tanto la financiación propia como ajena.
 - v. Amortización: Consiste en la pérdida de valor de los activos fijos como resultado de su uso que hace que varíen sus características iniciales. En este concepto hay que tener en cuenta otros intrínsecos a él, como: valor de adquisición, el residual, vida útil, valor actual, base amortizable y cuota de amor (valor que tiene el bien cuando ha finalizado su vida útil) utilización.
- b. Costes variables: Cambian según el volumen de actividad de la empresa.
- i. Combustible: Implica el coste más elevado para las empresas de transporte.
 - ii. Neumáticos: Le afectan agentes tan diversos como: modelo de neumáticos, presión o equilibrado de las ruedas.
 - iii. Lubricante: Fundamental para mantener en correcto estado los vehículos.
 - iv. Mantenimiento y reparaciones: Consiguen disminuir las averías y por tanto permiten un ahorro económico en el futuro.
 - v. Dietas
 - vi. Peajes
2. Costes indirectos: No están directamente ligados al servicio prestado de transporte. Tipos de costes indirectos:
- i. Costes comerciales: Salarios
 - ii. Costes de administración: Material de oficina, equipos, seguros.

6.6.2. ACOTRAM

ACOTRAM es una aplicación de soporte informático que permite facilitar la estimación de los costes de los vehículos de transporte por carretera de mercancías. Lo promueven las principales asociaciones profesionales de transportistas, con el objetivo de ser una orientación sobre las condiciones económicas que mueve este sector. Es un software libre que podemos encontrar en la página web oficial del Ministerio de Fomento a través del siguiente enlace:

https://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/TRANSPORTE_TERRESTRE/SERVICIOS_TRANSPORTISTA/DESCARGA_SOFTWARE/Acotram.htm

Funcionamiento del programa: Se introducen los datos a través de un formulario en el que pueden concebirse las diferentes variables relevantes para la gestión de la flota. El formulario mencionado se muestra a continuación:

The screenshot displays the ACOTRAM software interface. The title bar reads 'ACOTRAM'. The menu bar includes 'Cálculo', 'Archivo', 'Imprimir', 'Edición', 'Ayuda', and 'Observatorio de Costes'. The main window has a yellow background. On the left, there's a sidebar with 'Características Técnicas y de Explotación' and 'Costes repercutidos a todos los servicios'. The 'Costes repercutidos a todos los servicios' section has tabs for 'Amortización y Financiación', 'Personal, Seguros y Costes Fiscales', 'Costes Variables', 'Costes Indirectos' (selected), and 'Resultados'. On the right, there are buttons for 'Costes de un servicio concreto', 'Cerrar', and 'Grabar'. The main area is divided into two panels. The left panel, titled 'Costes Indirectos (Autocar de más de 55 plazas)', has a sub-header 'Cálculo Personalizado (01/01/2009)' and two radio buttons: 'Desglosado' (selected) and 'Total'. It contains four input fields for costs in Euros: 'Coste anual de estructura de empresa (gestión, administración, ...) repercutible a este autocar', 'Coste anual de comercialización repercutible a este autocar', 'Otros costes indirectos anuales repercutibles a este autocar', and 'Costes Indirectos anuales repercutibles a este autocar'. The right panel, titled 'Observatorio de Costes (01/01/2009)', has two radio buttons: 'Desglosado' and 'Total' (selected). It displays the text 'Los Costes Indirectos anuales representan el 12,5 % de los Costes Directos.' and a final input field for 'Costes Indirectos anuales repercutibles a este autocar' with the value '11.445,43'.

Ilustración 17. Formulario del programa ACOTRAM. *Fuente: Ministerio de Fomento.*

Después, el programa permite elegir el tipo de vehículo que tengas registrado y cada uno tendrá una serie de características técnicas que también estarán especificadas en el programa (potencia, carga útil, kilómetros recorridos, horas trabajadas al año, etc):

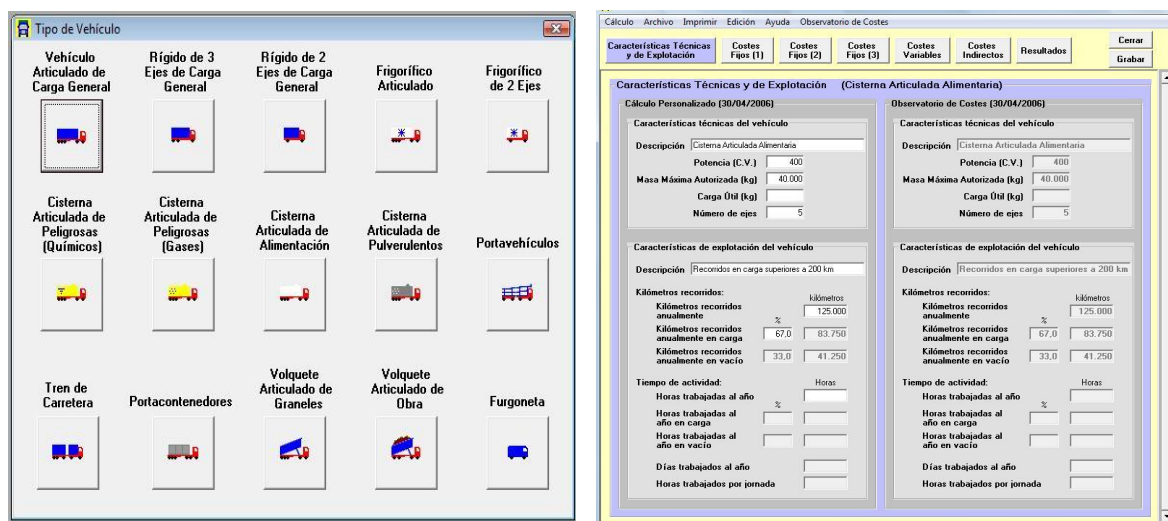


Ilustración 18. Selección del tipo de vehículo del que se quiere analizar sus características técnicas.
Fuente: Ministerio de Fomento.

Además de todo lo anterior, el programa estudia el coste de amortización del vehículo (variables mencionadas con anterioridad) y permite gestionar los costes de la financiación si se ha recurrido a ello. La amortización permite dividir el gasto que surge como consecuencia de la realización de una inversión y crear un fondo de reserva para cuando surja la necesidad de renovar vehículos. Según el profesor M. Hermoso, existen tres tipos de métodos para calcular la amortización:⁵⁶

- Método lineal
- Método decreciente en función del valor residual
- Método de la suma de los dígitos de los años previstos de utilización

⁵⁶ Temario "[Manutención y Almacenaje](#)" P.157 M. Hermoso EPSJ

Por último, el programa controla lo relativo a personal de la empresa y fiscalidad de la misma, inspecciones, etc., como se ve en las imágenes inferiores:

Ilustración 19. Control de costes fiscales en el programa ACOTRAM. *Fuente: Ministerio de Fomento.*

También controla los costes detallados en el apartado anterior de gestión de costes, tanto los fijos como los variables (neumáticos, combustible, mantenimiento, reparaciones) así como costes tanto directos como indirectos. En la imagen inferior puede apreciarse con detalle todo lo comentado:

Ilustración 20. Control de costes fijos, variables, directos e indirectos. *Fuente: Ministerio de Fomento.*

Para finalizar el programa ofrece resultados con los que puedes ver un resumen detallado de todas las variables relevantes para la una empresa de transporte de mercancía, como puede verse en la siguiente ilustración:

Resultados (Cisterna Articulada Alimentaria)					
Costes Anuales		Cálculo Personalizado (30/04/2006)		Obsevatorio de Costes (30/04/2006)	
		Euros (€)	%	Euros (€)	%
Costes Totales		147.791,95	100,0		
Costes Directos		112.791,95	76,3	112.791,95	100,0
- Costes Temporales		64.050,92	43,3	64.050,92	56,8
Amortización del vehículo		14.839,62	10,0	14.839,62	13,2
Financiación del vehículo		1.820,75	1,2	1.820,75	1,6
Personal de conducción		25.580,41	17,3	25.580,41	22,7
Seguros del vehículo		6.776,64	4,6	6.776,64	6,0
Costes Fiscales		1.033,10	0,7	1.033,10	0,9
Dietas del conductor		14.000,40	9,5	14.000,40	12,4
- Costes Kilométricos		48.741,03	33,0	48.741,03	43,2
Combustible		36.310,35	24,6	36.310,35	32,2
Neumáticos		4.493,18	3,0	4.493,18	4,0
Mantenimiento		3.737,50	2,5	3.737,50	3,3
Reparaciones		4.200,00	2,8	4.200,00	3,7
Peajes		0,00	0,0		
Costes Indirectos		35.000,00	23,7		
Costes de estructura		24.000,00	16,2		
Costes de comercialización		8.000,00	5,4		
Otros costes indirectos		3.000,00	2,0		

Ilustración 21. Resultados del programa ACOTRAM. Fuente: Ministerio de Fomento.

Para ser más ilustrativo de cómo funciona el programa, se analizará un ejercicio de un caso real de una empresa.

Una empresa quiere hacer una estimación de los costes anuales que le supondrá un camión que acaba de adquirir. Los datos asociados a la compra y financiación son:

Precio de compra: 90.000 €; Descuento en compra: 12%

Se financia el 100% con un interés anual del 6,06% a 7 años

Se considera que el vehículo hará unos 80.000 km anuales. La vida útil esperada es de 12 años, considerando que entonces se vendería por un 2 % del valor inicial.

El personal a cargo del vehículo supone unos gastos mensuales para la empresa de 3.000€ sin dietas. Los seguros anuales en total se estiman en unos 3.500€ y los impuestos en torno a unos 850€ al año. El precio del combustible se va a estimar en 1,13 €/litro. Y el consumo medio es de 35 litros/100km.

Respecto al mantenimiento, se considera que será de unos 1.200€ anuales (0,015 €/Km). Las reparaciones serán en torno a 800€ anuales (0,01 €/Km).

Los costes estructurales de la empresa por vehículo se estiman que serán en torno a 1.200€ anuales.

Utilizando la aplicación ACOTRAM, hay que obtener los costes anuales. ¿Qué porcentajes suponen los costes de personal y de combustible? Si se considera que se trabajan 350 días al año con 8 horas diarias (2800 horas al año), ¿Cuál es el coste por km recorrido y por hora trabajada?

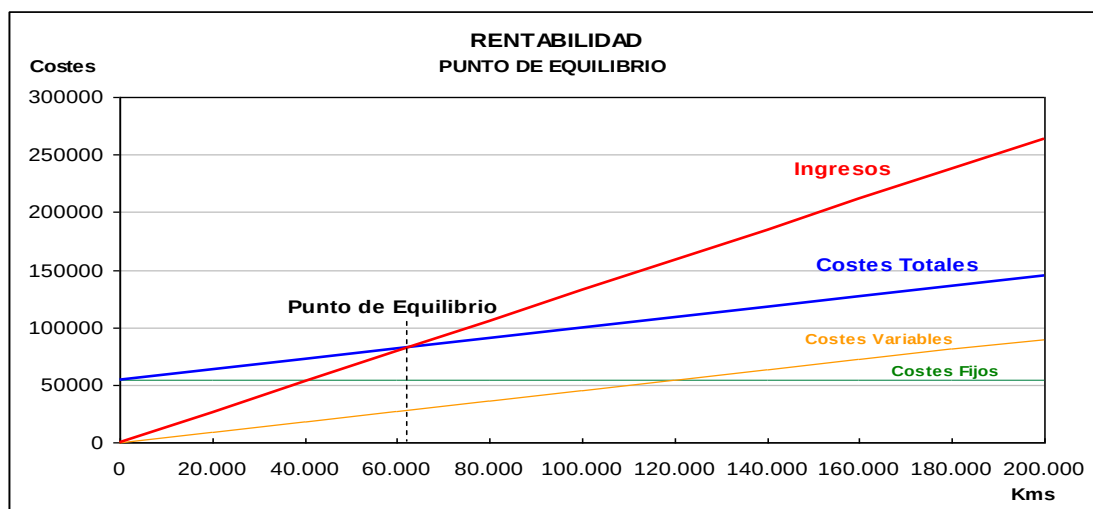


Gráfico 5. Punto de equilibrio del ejemplo de la aplicación ACOTRAM. Fuente: Curso de Gestión Eficiente de Flotas.

El número de kilómetros al año, la rentabilidad de la inversión y el período de recuperación de la inversión o ROI se calculan mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Kilómetros anuales} = \frac{\text{Costes Fijos}}{\text{Tarifa} - \text{Costes Variables}}$$

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Ingresos} - \text{Gastos}}{\text{Inversión}} \times 100$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ingresos anuales} - \text{Gastos anuales}}$$

6.7. Gestión del Combustible

Tiene como objeto el máximo aprovechamiento del combustible debido a la importancia que tiene el mismo sobre los costes totales de la empresa. Merece por tanto especial atención el control del consumo de combustible a través de un programa establecido por la empresa. Del citado análisis se pueden conocer los agentes que más influyen en dicho consumo para actuar de forma eficiente.

En este epígrafe se analizarán métodos que ayuden a vigilar y disminuir el consumo de combustible y por tanto sus costes. Se mostrarán también herramientas de apoyo para el control del consumo de la flota.

6.7.1. Programa de Gestión del Combustible

Consiste en un método de control continuo al consumo de carburante tanto individual como colectivo de los vehículos que pertenecen a la flota de la empresa para aprovechar de forma más eficiente este recurso escaso y de elevado coste para la compañía y el medio ambiente.

La mejora de la eficiencia energética la podemos conseguir a través de dos vías:

- Mejorando la eficiencia de cada vehículo mediante el control y seguimiento individualizado de cada uno, y estableciendo programas de formación a los conductores con técnicas de conducción eficiente (será abordado en siguientes apartados)
- Estableciendo un sistema de control y seguimiento del consumo de la flota (ya comentado), o programando rutas y asignándolas adecuadamente a cada vehículo, tema que abordaremos con profundidad en siguientes apartados, analizando software informático que aumenta la eficiencia tanto energética como económica de forma notable.

Tiene una importancia notable el hecho de disponer de una persona responsable del combustible que inspeccione el empleo eficaz del carburante a través de indicadores de rendimiento y que, con ellos, proporcione un plan de acción que mejore su eficiencia. Además tiene como función cambiar las actitudes de la organización sobre el consumo del carburante y hacer ver que es un recurso valioso, a la vez que perjudicial para el medio ambiente en un uso excesivo.

Además del responsable, es fundamental realizar una correcta elección del combustible a emplear. Hay que tener en cuenta la necesidad de utilizar combustibles alternativos que sean menos perjudiciales con el medio ambiente. El problema estriba en que necesitan más volumen para obtener la misma energía que los combustibles tradicionales (gasolina –motores Otto– y gasoil –motores Diesel–).

Algunos combustibles alternativos son:

- Motores de combustión interna
 - Motores de hidrógeno
 - Motores de Gas Licuado de Petróleo (GLP)
 - Motores de Gas Natural (GNC, GNL)
 - Motores de biocarburantes (biodiesel, bioetanol)
- Motores eléctricos
 - Baterías
 - Pilas de Hidrógeno
- Híbridos

Como vimos en apartados anteriores, al hablar de la eficiencia económica, existe la posibilidad de comprar al por mayor el combustible y almacenarlo, con el consiguiente ahorro que eso conlleva, pero ese no es el único método que permite ahorrar en la compra de combustible. También se puede recurrir a contratos de compra a precios fijos, comprar en el mercado al mejor precio, emplear tarjetas de combustible en instalaciones externas o compartir servicios con otras empresas que den lugar a acceder a economías de escala beneficiosas para ambas.

6.7.2. Factores que afectan al consumo de combustible

1. Vehículos: El consumo de combustible puede verse condicionado por factores relacionados con el peso, la carga, la edad, el tamaño, la carrocería o el equipamiento usado y la antigüedad del vehículo.

En primer lugar, antes de adquirir un vehículo es de especial relevancia definir en todo caso la actividad a la que estará dedicado. De esta manera, se asegura extraer la máxima rentabilidad y adaptabilidad del mismo a las funciones que se le asignarán, logrando una mayor eficiencia en su uso. Si el motor es la fuente de alimentación principal, tendrá un impacto en el consumo de combustible, y esto hará que aumenten los costes globales.

2. Las condiciones atmosféricas deben de tenerse en cuenta siempre que se comparen datos de consumo. Cuando las temperaturas son más bajas y además, los días más cortos, normalmente los conductores suelen hacer uso de equipos auxiliares como pueda ser dejar encendido el motor durante un estacionamiento breve con tal de usar la calefacción. Según ciertas estimaciones, el rendimiento durante el invierno puede ser en torno al 10% peor que en los meses de verano.

3. Conductores: junto al propio vehículo, otro factor interviniente en el consumo de combustible es el tipo de conducción llevada a cabo. Una conducción eficiente incluiría recomendaciones, entre muchas otras, como las de arrancar el motor sin acelerar y comenzar la marcha lo antes posible, utilizar marchas largas (un motor con una marcha corta y revolucionado consume más combustible) y evitar velocidades elevadas con aceleraciones y deceleraciones. Además será recomendable para alcanzar dicha eficiencia, que los operadores realicen rutinas diarias como la revisión de niveles de fluidos, luces o presión de las ruedas. Y es que hay que tener en cuenta que un vehículo en mal estado no sólo consume más combustible, sino que también, produce más emisiones nocivas al ambiente.

4. Otro factor extrínseco influyente puede ser el tráfico y las rutas seguidas.

Factores como el tipo de calzada y las circunstancias del tráfico serán fundamentales a la hora de valorar el consumo de combustible, ya que variarán el número de veces que se cambia de marcha, velocidad de cruce, etc. Además el tipo de entorno (urbano, montaña, autovía) también es una variable a tener en cuenta.

Los dispositivos telemáticos pueden llegar a ser de gran ayuda para mejorar el consumo gracias a las recomendaciones en tiempo real de rutas poco congestionadas. Es algo que se verá de forma más desarrollada en próximos apartados gracias al aporte de software informáticos que optimizan la gestión de todo lo relacionado con las rutas de transporte de mercancías.

5. Aerodinámica: La carga que se transporta interviene de forma fundamental en el consumo. El peso total que se transporta va variando a medida que se realiza el traslado. Habrá que tender a contar con vehículos que consten de un buen diseño aerodinámico que reduzca el consumo de carburante de forma que se pueda ahorrar dinero y emisiones contaminantes perjudiciales para el medio ambiente, sin tener un impacto en los niveles de servicio.

Como norma general, el consumo de combustible puede reducirse entre un 6% y un 12% cuando se tienen vehículos con una aerodinámica adecuada.

6.8. Diseño de rutas

El diseño de itinerarios o la planificación de las rutas de reparto pretende conseguir la ruta óptima que deben seguir los vehículos de la flota de manera que se minimicen tanto el recorrido como el tiempo empleado. En general, podemos decir:⁵⁷

- Cuando encadenamos varios puntos de destino el ahorro aumenta.
- Las rutas en arco proporcionan los mayores ahorros
- Podemos utilizar la variable tiempo en lugar de la variable distancia.

⁵⁷ Anaya Tejero J.J. (2011) Logística integral: La gestión operativa de la empresa. Editorial ESIC

Para el diseño de rutas en logística y gestión de flotas hay multitud de programas informáticos o software que se encargan de ello como se mostrará en el apartado “Programas de gestión de flotas”

Los software estudiados en el citado apartado serán los de Novatrans y Renault Optifleet, que entre otras muchas cosas se encarga de la geolocalización de la flota de vehículos.

Es cierto que aunque estos software son muy avanzados hay otros más específicos que se encargan únicamente del diseño de rutas propiamente dicho, por lo que son aún más eficientes que los nombrados, y en el caso en el que vamos a profundizar es el de Routing Maps.

Este es un programa de optimización de rutas. Cuando tienes una empresa de transporte necesitas realizar la entrega de los productos de la forma más eficiente posible sin que aumenten los costes para la corporación, por lo que debe imperar el objetivo de reducir el kilometraje y aminorar los costes y eso se consigue mediante la aplicación de Routing Maps a la flota de la que dispongamos.

Además es una fuente de eficiencia medioambiental, al diseñar este software la ruta más óptima en todos los ámbitos. Dispone de una serie de avisos si hay demasiado tráfico en un determinado tramo u obras en el tramo que estamos atravesando.

Según un estudio sobre empresas de logística, a finales de 2015, concretamente entre el 1 y el 20 de noviembre, es decir, hace poco más de un año, la mitad de las empresas y operadores logísticos aún no disponían de un software de gestión de flotas y optimización de rutas a pesar de todas las ventajas que conocemos que tienen. Dicho estudio fue elaborado por la CITET bajo el título de “Estudio sobre el software de movilidad en las empresas de logística y operadores de transporte”.

De las empresas poseedoras de dichos programas, un tercio los engloba en la nube, pero más de la mitad los almacena en sus propios servidores.

CITET: Centro de Innovación para la Logística y el Transporte por carretera.
Sede: Coslada (Madrid).

Según datos sacados del estudio, cito textualmente:

“El 75% de los transportistas dispone de un dispositivo móvil. El 49% de estos teléfonos son ‘smartphones’ y un 6% de los transportistas disponen de una tablet. El 44% de las empresas cuenta con más de 25 repartidores en plantilla, el 23,5% con entre 5 o 20, el 23,5% dispone de cinco o menos, y el 9% con una plantilla de entre 20 y 25 repartidores. Volumen: El 35% de estas empresas realiza más de diez mil envíos anuales, un 15% entre tres y diez mil, otro 15% entre mil y tres mil, y un 12% entre 500 y 1.000 envíos al mes. Por último, otro de los datos destacados es que el 23% de las empresas consultadas realiza menos de 500 envíos mensuales.”⁵⁸

A modo de resumen, según el estudio del Centro de Innovación para la Logística y el Transporte por carretera, tenemos los siguientes datos:

- La mitad de las empresas no tiene un software de gestión de rutas, pero el 22% tienen intención de contratar uno (casi un cuarto del total) o darle solución al problema.
- En el 30% de los casos, el dispositivo con el que cuenta la empresa es el del propio transportista, quedando manifiesto el enorme déficit que tienen en este sentido.
- La herramienta más empleada es el teléfono inteligente o Smartphone, algo que emplean casi la mitad (47%).

⁵⁸ [Datos CITET](#), visitado el 11 de abril de 2017

6.9. Programas de gestión de flotas

Existen multitud de programas en la gestión de flotas a nivel empresarial, entre los que pueden destacar los siguientes:

6.9.1. Renault Optifleet

Este software permite reducir los costes de explotación asociados a tu empresa, así como controlar la actividad de forma instantánea revisando todos los gastos. Consta de cuatro módulos que se desarrollan a continuación:

6.9.1.1. Map

Este módulo se encarga de la geolocalización de la flota en cualquier instante. Consta de las siguientes funciones: Control de localización de los vehículos, así como de su velocidad, dirección, estado de la tarjeta del conductor e identificación del mismo. También analiza el historial de rutas de todos los vehículos implicados y realiza una optimización integral de los trayectos.

Gracias a este módulo se puede controlar toda la actividad de los conductores de los distintos vehículos de los que conste tu flota: Hora, nivel de combustible y estado de conducción.



Ilustración 22. Módulo Map. Fuente: <http://www.renault-trucks.es>

6.9.1.2. Cleck

Es el encargado de controlar todos los datos técnicos del vehículo (velocidad media, emisiones CO_2 , consumo de combustible, etc.). Gracias a este módulo se recibirá un informe global del vehículo por correo electrónico que detallará el consumo medio, tiempo transcurrido en una zona determinada, al ralenti, número de veces que se ha pisado el pedal del freno, etc.

De esta forma se puede verificar tanto el rendimiento de los conductores para mejorar su eficiencia en la conducción.



Ilustración 23. Módulo Check. Fuente: <http://www.renault-trucks.es>

6.9.1.3. Drive

El módulo drive es el encargado de gestionar los tiempos de trabajo del conductor imponiendo un sistema de alertas en caso de que incumpla la normativa vigente respecto al descanso de conductores profesionales), de modo que controla y conoce de forma inmediata los tiempos de conducción y descanso del mismo y si son acordes a las normativas europeas vigentes. También se encarga de programar y descargar los datos del tacógrafo.



Ilustración 24. Módulo Drive. Fuente: <http://www.renault-trucks.es>

6.9.1.4. Link

Consigue mejorar la conexión con los conductores gracias a una pantalla táctil cercana al volante que permite comunicación vía sms o email. También realiza un resumen para el conductor de los datos técnicos más importantes del vehículo.



Ilustración 25. Módulo Link. Fuente: <http://www.renault-trucks.es>

6.9.2. Novatrans

Novatrans es una aplicación orientada al sector que estamos estudiando, el del transporte de mercancías por carretera, y tiene en cuenta todo el proceso de gestión intrínseco a la propia empresa, el cual genera canales de información que de no estar debidamente controlados pueden suponer un problema a nuestra compañía. Por todo ello, Novatrans emplea 9 bloques para almacenar la

información, en los cuales registrará todos los movimientos que tengan lugar en nuestra empresa. Dichos módulos son los siguientes:

6.9.2.1. Almacén

Aquí se sitúa toda la información que tiene que ver con los artículos y las entradas y salidas de los mismos, así como el inventario o artículos en stock. Mediante la siguiente imagen se representa lo comentado:

Ilustración 26. Módulo almacén. Fuente: www.novatrans.es

6.9.2.2. Clientes

En este módulo se gestiona todo lo relativo a: clientes, conductores, multas, proveedores, siniestros, tarjetas, teléfonos y vehículos. A modo representativo, se adjunta imagen del mismo:

Ilustración 27. Módulo archivos. Fuente: www.novatrans.es

6.9.2.3. Facturación

En el presente módulo, como su nombre indica, se gestiona todo lo relativo a la facturación a clientes y la acogida de facturas.

De este modo podremos gestionar los cobros y pagos de una forma fácil y confortable. Por la parte que corresponde al apartado de facturación se dispondrá de una ficha completa que incluye todos los campos de interés, como los que se aprecian en la imagen inferior:

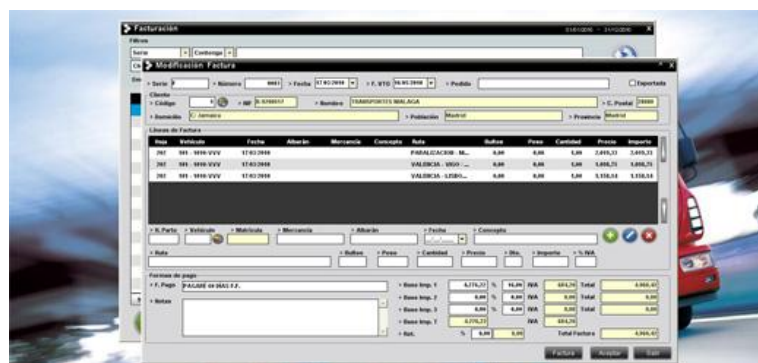


Ilustración 28. Módulo facturación. Fuente: www.novatrans.es

6.9.2.4. Logística

Consta de 3 partes: Entrada, salida y mercancía. Como sus propios nombres indican realiza la gestión de los ítems entrantes, salientes y con todas las existencias mediante el empleo de referencias, descripciones, etc., como puede apreciarse en la siguiente ilustración:



Ilustración 29. Módulo logístico. Fuente: www.novatrans.es

6.9.2.5. Estadísticas e informes

Este módulo será el encargado de elaborar compendios sobre campos tan relevantes como: consumo de los vehículos, beneficios, facturación mensual, o desplazamientos realizados en un intervalo de fechas determinado.

6.9.2.6. Producción



Ilustración 30. Módulo producción. Zona rutas (primera) y zona partes de trabajo (segunda). *Fuente:* www.novatrans.es

Este módulo consta de 5 partes: rutas, partes de trabajo, logística, tabla de vehículos y logística de viajes.

En el submódulo de rutas se indica el cobro que se realizará a los clientes, en el de partes de trabajo se mostrarán los desplazamientos realizados por conductor y vehículo debidamente datados en fechas. El sub-módulo logístico se emplea para la logística propiamente dicha de viajes y en la tabla de vehículos se recogen todos los vehículos disponibles para la empresa, ya sean cabezas tractoras, semirremolques, etc.

6.9.2.7. Remuneración

En este sub-módulo el programa permite crear distintos tipos de dietas, jornadas, gratificaciones en función del tipo de trabajador. Se analizan los distintos perfiles de pago de los mismos así como las nóminas de cada empleado.



Ilustración 31. Módulo Remuneración. Fuente: www.novatrans.es

6.9.2.8. Taller

Aquí se analizan las reparaciones y mantenimientos pertinentes para los vehículos de la flota, así como la revisión de los mismos. También elabora listados que analiza los gastos telefónicos derivado de la actividad empresarial, así como un exhaustivo control de los neumáticos y gasto de gasoil.

6.9.2.9. Tesorería

Aquí se almacenan todas las facturas provenientes de los proveedores así como los cobros y pagos de la propia empresa.



Ilustración 32. Módulo tesorería. Fuente: www.novatrans.es

6.9.2.10. Utilidades

Por último, tenemos el módulo de utilidades que consta de un número amplio de submódulos donde se gestiona todo lo que falta: avisos, datos maestros, exportación, modelo 347 (modelo de declaración anual de operaciones), perfiles y usuarios.

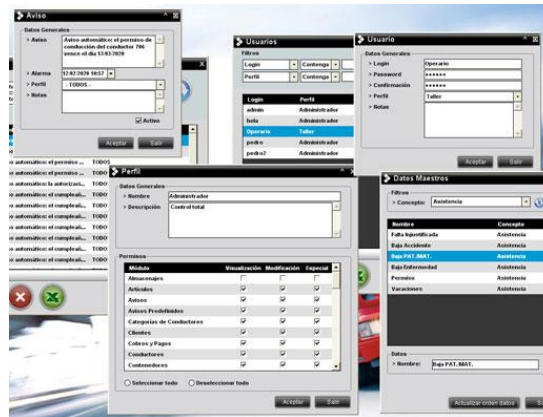


Ilustración 33. Módulo de utilidades. Fuente: www.novatrans.es

Como se puede comprobar, hay multitud de software dedicados a la gestión de flotas y en cada uno se puede hablar largo y tendido sobre ello, pero al no ser el objeto del presente trabajo, no se estima oportuno alargar más este apartado, puesto que se ya he dado una idea general, inclusive se ha comentado un software únicamente de diseño de rutas.

Otros programas de gestión de flotas igual de interesantes que los dos mencionados pueden ser: MAN TeleMatics, DYNLOGITRANS, Galdon Software, CIF-TRANS, FlotasNet de Fagor Electrónica, Volvo Dynafleet o Scania.

6.10. Aplicaciones reales

6.10.1. DHL

La compañía de mensajería se ha comprometido a mejorar en un 30% la eficiencia en sus emisiones de CO₂ en 2020 frente a las registradas en 2007. La misma se engloba en el programa de protección del medio ambiente “Go Green”. Esto hace que esté apostando por la movilidad eléctrica y de gas licuado para su flota de vehículos.

Con este programa DHL quiere disminuir la huella de carbono en el entorno mediante el desarrollo de soluciones eficientes para sus clientes. Además, todas las instalaciones de DHL utilizan energía renovable desde 2014.

Para iniciar su apuesta por el gas licuado de petróleo, DHL está desarrollando camiones de Dual Fuel como los de la imagen inferior:⁵⁹



Ilustración 34. Camión DHL propulsado con Dual Fuel. Fuente: www.elvigia.com

6.10.2. Correos

La compañía estatal de mensajería es otro ejemplo de cómo se puede apostar por las energías alternativas teniendo una flota de vehículos para el transporte. En el caso de Correos, el pasado mes de mayo incorporaron 200 nuevas motocicletas eléctricas a las 346 existentes para seguir apostando por una movilidad limpia.⁶⁰

⁵⁹ [Sistema Dual Fuel DHL](#), visitado el 21 de junio de 2017.

⁶⁰ [200 nuevas motocicletas eléctricas en Correos](#), visitado el 21 de junio de 2017.



Ilustración 35. Motocicletas eléctricas de Correos. Fuente: www.elmundo.es

Con anterioridad a esta medida, el año pasado ya empezó a renovar la flota de vehículos adquiriendo furgonetas eléctricas como se muestra en la imagen inferior:







CORREOS apuesta por vehículos eléctricos para la renovación de su flota

22/01/2016

Pone en circulación 25 nuevas furgonetas eléctricas Renault Kangoo ZE, de cero emisiones

También ha adquirido 100 motocicletas eléctricas Scutum que estarán operativas en el primer trimestre de 2016

Ilustración 36. Noticia sobre Correos. Fuente: www.correos.es

6.10.3. Tesla

Si hay una empresa en la actualidad comprometida con el aspecto medioambiental, no es otra que Tesla, empresa automovilística que vende únicamente vehículos eléctricos y que como veremos en el apartado del vehículo eléctrico de forma más desarrollada, es la empresa líder en este ámbito y la que está abriendo el camino no solo en el aspecto del vehículo comercial, sino que también ha abierto recientemente un halo de esperanza cuando salió en prensa a finales de abril de que en septiembre presentará su primer camión eléctrico⁶¹, algo que hace apenas unos años todos lo imaginábamos como nada menos que ciencia ficción y a día de hoy esta empresa puede hacerlo real. Ya ha salido un prototipo que se presenta a continuación, y del cual su creador ha prometido que tendrá una autonomía similar a los vehículos de combustión interna que estamos acostumbrados a ver a diario en nuestras carreteras.

La novedad del camión no queda únicamente en la notable eficiencia energética que supone su uso, sino que además contará con el novedoso sistema de conducción autónoma que ya incorporan varias berlinas de la misma marca, lo que permitirá dar descanso a los trabajadores de las empresas de transporte de mercancías, que eso sí, deberán ir dentro del vehículo como ya ocurre en el caso de los vehículos comerciales que ya están a la venta (Tesla Model X y Tesla Model S).

⁶¹ [En septiembre de 2017 conoceremos el camión de Tesla](#), visitado el 24 de abril de 2016.



Ilustración 37. Prototipo camión eléctrico de Tesla. *Fuente: ElectroMaps*

6.11. Conclusiones sobre la gestión de flotas en el sector del transporte

A lo largo de la introducción al presente trabajo se insistió en la necesidad de reducir las emisiones contaminantes de gases de efecto invernadero que ya están causando problemas de salud en la actualidad. Si formamos parte de la dirección de una empresa que tenga una flota de vehículos la responsabilidad es mucho mayor que en el caso de particulares, puesto que las emisiones de estos automóviles se multiplican, tanto por el número como por el mayor tamaño en la mayoría de los casos y consiguiente mayor consumo.

Ha quedado demostrado que apostar por métodos que mejoren la eficiencia energética no solo incurrirá en una mejora en lo anteriormente comentado, sino que además mejorará la cuenta de resultados de la empresa a largo plazo, por lo que no debe haber excusas para intentar por todos los medios contaminar lo menos posible, ya sea empleando la combustión interna en flotas de vehículos muy pesados (en la actualidad es la única opción viable para muchas empresas por la gran cantidad de

kilómetros a recorrer y la premura de tiempo), pero aplicando métodos que optimicen ese consumo como los analizados durante todo el epígrafe (programas de control, software de optimización de rutas, etc.). Si nuestra flota lo permite, debemos apostar por eliminar completamente la dependencia de la combustión interna. Por suerte ya hay empresas como en las aplicaciones reales que se han analizado que ya lo están implantando y con el rápido avance que están experimentando los combustibles alternativos en los vehículos tipo turismo no cabe la menor duda de que se extrapolará este avance a este tipo de compañías.

7. VEHÍCULO ELÉCTRICO

Antes de comenzar el presente punto, es oportuno aclarar que, en lo referente al vehículo eléctrico, hay mucha más información de calidad y fiable en inglés que en castellano. Me he basado fundamentalmente en la publicación Global EV Outlook de los dos últimos años, [2016](#) y [2017](#) -este último fue publicado el 7 de Junio de 2017-, que es un informe que elabora anualmente la Agencia Internacional de la Energía (“International Energy Agency”), por lo que es posible que a lo largo del presente apartado haya alguna terminología anglosajona y con ánimo de facilitar la lectura, pongo algunas leyendas que pueden ser de utilidad para su mejor comprensión:

- BEV: Battery electric vehicle. En español, vehículo eléctrico de batería.
- PHEV: Plug-in hybrid vehicle. En español, vehículo híbrido eléctrico enchufable.
- EVSE: Electric vehicle supply equipment. En español, equipo de suministro de vehículos eléctricos, o lo que es lo mismo, punto de carga.
- LSEVs: Low-speed electric vehicles. En español, vehículos eléctricos de baja velocidad. Estos son los vehículos de menor tamaño con matrícula de motocicleta que no pueden salir de las zonas urbanas.
- VE: Vehículo eléctrico

Debe distinguirse por tanto entre el BEV, que es un vehículo eléctrico propulsado únicamente por baterías, como podemos ver en toda la gama de vehículos Tesla, o el PHEV, que es motor híbrido como el famoso Toyota Prius. Ambos, aunque diferentes, entran en las estadísticas oficiales de la Agencia Internacional de la Energía como vehículos eléctricos y así será considerado por el que suscribe. A pesar de ello, en siguientes apartados se intentará mostrar mediante tablas e ilustraciones de interés para el lector, la situación en el mercado global de venta en la que se encuentran ambas modalidades de vehículo eléctrico, para tener una dimensión real de la importancia que a día de hoy, y en el futuro, tendrán ambas alternativas eléctricas.

7.1. Introducción

A día de hoy la mayoría de la ciudadanía es consciente de la necesidad de adoptar medidas para luchar contra el cambio climático que estamos padeciendo, pues son notorias las publicaciones en medios de comunicación sobre este problema y uno de los grandes contaminantes no es otro que el sector del transporte a través de los combustibles fósiles. De ahí surge la necesidad de emplear medios alternativos que sea más eficientes a nivel ecológico, y por qué no, también económicamente. Por ello, durante el presente trabajo se analizará la situación actual desde tres perspectivas, la mundial, europea y la española, y la situación futura, tanto con distintas estimaciones fruto de acuerdos gubernamentales que se han ido sucediendo en el tiempo a través de distintas plataformas, foros mundiales o tratados.

Una vez realizada la introducción podremos ver las ventajas e inconvenientes del empleo del vehículo eléctrico frente al tradicional de combustión interna. Continuaremos explicando el caso concreto de Tesla, la compañía líder en la actualidad en lo que respecta a este tipo de vehículos. Para continuar, se hará un estudio del balance de emisiones que hay que soportar en este tipo de transporte, con el ciclo Well to Wheel, es decir, desde que se extrae la energía hasta que esta se emplea para mover el vehículo y si realmente merece la pena frente al vehículo tradicional. Para finalizar, se mostrará al lector un estudio de viabilidad económica a día de hoy para ver si es rentable ya comprar un vehículo eléctrico frente a uno de gasolina o diesel o todavía es aconsejable esperar para dar el paso.

7.2. Vehículos eléctricos de batería (BEV)

Los vehículos eléctricos de batería son aquellos propulsados por energía eléctrica que viene de las baterías de su interior. Existen desde comienzos del siglo XIX, allá por 1830 se fabricó el primer vehículo eléctrico de batería. La fuente de energía es la electricidad, almacenada en las baterías que se cargan enchufándose a la red eléctrica. Tienen una alta eficiencia energética y permite una recuperación

de parte de la energía en el frenado, efecto que se conoce como regeneración. Es por tanto un medio ZEV, es decir, de emisión cero durante la circulación.

7.2.1. Características técnicas

- Tren motriz
 - Motor de corriente alterna de inducción
 - Motor de corriente directa
 - Motor de corriente alterna síncrono

- Baterías: Es el principal componente de estos vehículos, siendo un factor clave en el coste del mismo. Es el combustible del vehículo. Existen tres tipos de baterías, de las cuales se expone un gráfico resumen con sus principales características.
 - De plomo-ácido (Pb-Ac)
 - De Níquel-hidruro metálico (NiMH)
 - De ión litio

	Pb-Ac	Ni-Cd	Ni-MH	Li-Ion
Energía Específica (wh/kg)	10-40	50-70	60-80	80-170
Densidad Energía (wh/l)	50-100	100-150	250	170-450
Ciclo de Vida (nº ciclos de carga)	400-800	300-600	300-600	500-3.000
Tiempo de carga (h)	8-16	1-2	1-3	4-6
Autodescarga por mes (% del total)	5	20	30	10
Autonomía (km)	75	100	200	200-500
Coste (€/kwh)	100-125	200-400	400-500	800-1.000
Impacto Medioambiental	Alto	Alto	Bajo	Moderado-Bajo

Tabla 11. Características de las baterías que se emplean en los vehículos eléctricos. *Fuente: Elaboración propia a partir de Curso de Gestión Eficiente de Flotas.*

Además de estos tres tipos, se están desarrollando baterías de grafeno que prometen tener mejores características que todas ellas, consiguiéndose una autonomía de hasta 600-800 kilómetros. La UE está muy implicada en el desarrollo de este material.⁶²

- Sistema de carga: Las recargas pueden ser lentas o rápidas
 - Lentas: Se realizan en estaciones de potencia eléctrica normal y dura varias horas la carga (para realizarlo durante la noche).
 - Rápidas: Se emplean estaciones de alta potencia que tienen una duración aproximada de media hora si se emplea un cargador trifásico o escasos minutos si se cambia la batería. El problema actual en España es el escaso número de instalaciones de este tipo.

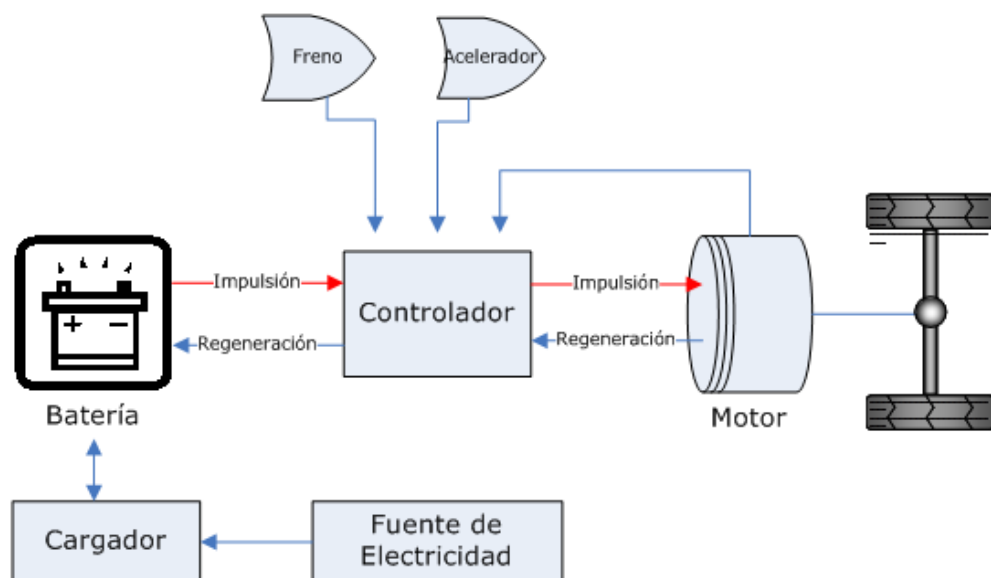


Ilustración 38. Esquema de funcionamiento de un vehículo eléctrico de batería. *Fuente: Curso de Gestión Eficiente de Flotas.*

⁶² [Diario ABC](#), visitado el 11 de junio de 2017.

7.2.2. Ventajas e inconvenientes

Ventajas:

1. No contaminan durante su circulación y son silenciosos.
2. La energía es entre seis y diez veces más económica que en los combustibles fósiles.
3. El par-motor es mayor que en los vehículos tradicionales propulsados por diesel o gasolina.
4. No operan al ralentí.
5. Constituyen una ayuda a que se potencie el desarrollo de las energías renovables.
6. Reducen la dependencia del petróleo.
7. Son más eficientes que los vehículos de combustión interna.
8. Si la electricidad se produce por energías renovables, la huella de carbono es prácticamente nula.

Inconvenientes:

1. Coste inicial mayor, pero a largo plazo llega a ser más rentable.
2. Autonomía intermedia (hasta 600 km según el modelo, por ejemplo el Tesla Model S P100D alcanza los 613km de autonomía según el ciclo europeo y unos 503km según el americano)⁶³.
3. El tiempo de carga es mayor que en los vehículos de diesel o gasolina, aún así, no es excesivo. En media hora puedes tener a una buena parte de vehículos eléctricos cargados para hacer unos cuantos de cientos de kilómetros. Además, como se analizará en el apartado "Otras marcas" están saliendo realizándose vehículos como Fisker EMotion (se presenta en agosto de este año) que su tiempo de carga son 9 minutos y una autonomía de más de 600km, por lo que es evidente que a corto-medio plazo, esto dejará de ser un inconveniente a poco que empiecen a competir varios gigantes de la automoción y que el grafeno empiece a despuntar como material de construcción.

⁶³ [Tesla Motors](#), visitado el 11 de junio de 2017

8.2.3. Ciclo de homologación de consumos

Los fabricantes de vehículos eléctricos deben de pasar test para homologar su autonomía. El ciclo estadounidense, conocido como EPA, es más fiable que el ciclo europeo NEDC, de ahí que a veces veamos en algunas especificaciones en millas que luego al pasarlas a kilómetros no se corresponden con la autonomía que nos dan desde Europa, ya que este último ciclo peca de optimismo y siempre da unos kilómetros extra irreales de autonomía. También hay ciclos de homologación japonés – JC08 – y un ciclo australiano. ¿A qué se deben las diferencias? ⁶⁴A la forma de homologar de una y otra. Las pruebas que realiza la NEDC son en una nave cerrada empleando siempre la misma temperatura ambiente y presión atmosférica, permaneciendo el vehículo entre 20 y 30 grados centígrados. El vehículo solo es conducido por un mismo conductor y sin ningún sistema eléctrico conectado, lo que ahorra combustible. Además, el vehículo se coloca en un banco dinamométrico con 22 posiciones que varían en función de las características del vehículo para simular el impacto en el consumo, lo que aumenta la artificialidad de la medida. Hay tanto una parte urbana como interurbana y de ahí se obtiene el consumo mixto. La duración y extensión de la prueba es la misma siempre, 19 minutos y 40 segundos y 11.007 metros.

La EPA, o también conocida como “Environmental Protection Agency”, en español, Agencia de Protección del Medio Ambiente. En ella las duraciones de las pruebas, velocidades y aceleraciones son distintas según la prueba que realicen.

El Foro Mundial para la Armonización de la Regulación de los Vehículos ha intentado que exista un único ciclo de homologación, siendo este más restrictivo con los consumos y emisiones en las ciudades, algo que no se tiene tan en cuenta en algunos países y ha hecho que a día de hoy no haya un criterio unificado en este ámbito.

⁶⁴ [Diario 20 minutos](#), visitado el 11 de junio de 2017

8.2.4. Ventas acumuladas de vehículos eléctricos de batería

Gracias al informe anual de la Agencia Internacional de la Energía podemos conocer los datos de ventas anuales de los vehículos eléctricos, y en particular, de los vehículos eléctricos de batería. En el epígrafe “situación mundial” se analizarán los datos de ventas anuales de ambos vehículos, pero para tener una perspectiva distinta, también es interesante dividir las ventas acumuladas desde 2005 de ambos vehículos para ver realmente cual está teniendo más aceptación. En ellos vemos que el vehículo eléctrico de batería acumuló unas ventas de 1,2 millones a finales de 2016 por las 805.000 unidades que se vendieron de vehículos híbridos. Los datos están expresados en miles.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canadá							0.22	0.84	2.48	5.31	9.69	14.91
China					0.48	1.57	6.32	15.96	30.57	76.48	226.19	483.2
Francia	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12	0.30	2.93	8.60	17.38	27.94	45.21	66.97
Alemania	0.02	0.02	0.02	0.09	0.10	0.25	1.65	3.86	9.18	17.52	29.60	40.92
India				0.37	0.53	0.88	1.33	2.76	2.95	3.35	4.35	4.80
Japón					1.08	3.52	16.13	29.60	44.35	60.46	70.93	86.39
Corea						0.06	0.34	0.85	1.45	2.76	5.67	10.77
Holanda				0.01	0.15	0.27	1.12	1.91	4.16	6.83	9.37	13.11
Noruega			0.01	0.26	0.40	3.35	5.38	9.55	19.68	41.80	72.04	98.88
Suiza							0.18	0.45	0.88	2.12	5.08	8.03
R. Unido	0.22	0.55	1.00	1.22		1.65	2.87	4.57	7.25	14.06	20.95	31.46
EE UU	1.12	1.12	1.12	2.58		3.77	13.52	28.17	75.86	139.28	210.33	297.1
Otros						0.80	3.17	5.83	10.60	19.43	36020	52.41
TOTAL	1.37	1.69	2.15	4.54	7.47	16.42	55.16	112.94	226.78	420.33	745.61	1208

Tabla 12. Venta acumulada de vehículos eléctricos de batería hasta 2016. *Fuente: Elaboración propia a partir del informe Global EV Outlook [2017](#) p.49*

8.3. Vehículos híbridos (PHEV)

Los vehículos híbridos son aquellos que combinan un motor de combustión interna con una batería y un motor eléctrico. Son más caros, pero a cambio su eficiencia es mayor y la contaminación producida, menor. Esta combinación surge ya que el motor eléctrico aumenta la eficiencia y disminuye las emisiones y el motor de combustión interna aumenta la potencia y autonomía del vehículo. El motor eléctrico se emplea en las paradas, arranques y aceleraciones y el térmico cuando hay que realizar movimientos a plena carga. Mediante las frenadas se consigue la

regeneración o recarga de baterías, por lo que los entornos urbanos son los que obtienen mayor rendimiento de este tipo de vehículos.

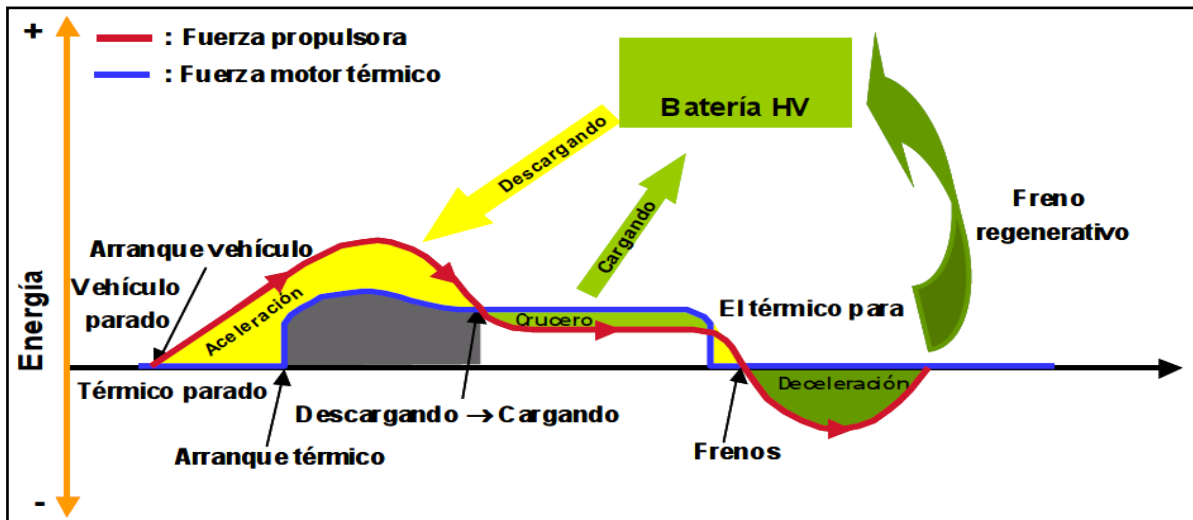


Ilustración 39. Esquema de funcionamiento de un vehículo híbrido. Fuente: Curso de Gestión Eficiente de Flotas.

Clasificación de los vehículos híbridos:

- Híbridos stop-start: Emplean un motor eléctrico para el arranque en las paradas y consiguen un ahorro de hasta el 10% dentro de las ciudades.
- Híbridos ligeros: Un motor eléctrico se encarga de dar una potencia adicional al motor térmico o de combustión interna en determinadas circunstancias, como pueden ser aceleraciones o subidas. Además de esto, este tipo de vehículos incluye un stop-start y frenado regenerativo.
- Híbridos puros: En este tipo de vehículos hay un sistema de control que selecciona el motor más conveniente para cada momento.

7.2.3. Características técnicas

- Configuración en serie

La energía surge del motor térmico, que se transforma en energía eléctrica, siendo esta la única que produce la potencia mecánica de tracción. Ventaja: El motor térmico funciona de forma óptima emitiendo las mínimas emisiones

al ambiente. El inconveniente estriba en que el citado motor debe trabajar para ir cargando las baterías.

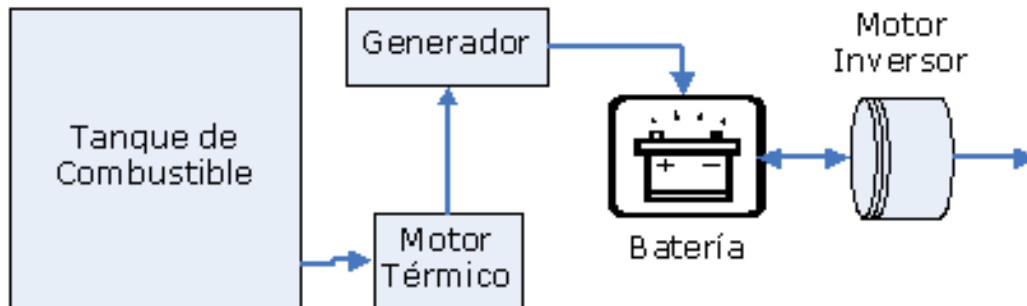


Ilustración 40. Vehículo híbrido con una configuración en serie. *Fuente: Curso de Gestión Eficiente de Flotas.*

- Configuración en paralelo

En esta configuración la potencia mecánica no es proporcionada únicamente por la energía eléctrica, sino que también interviene el motor térmico como puede apreciarse en la imagen inferior. De este modo puede funcionar el motor térmico en carretera y el eléctrico en las aceleraciones, dando lugar a ventajas como mayor eficiencia, potencia y regeneraciones de batería.

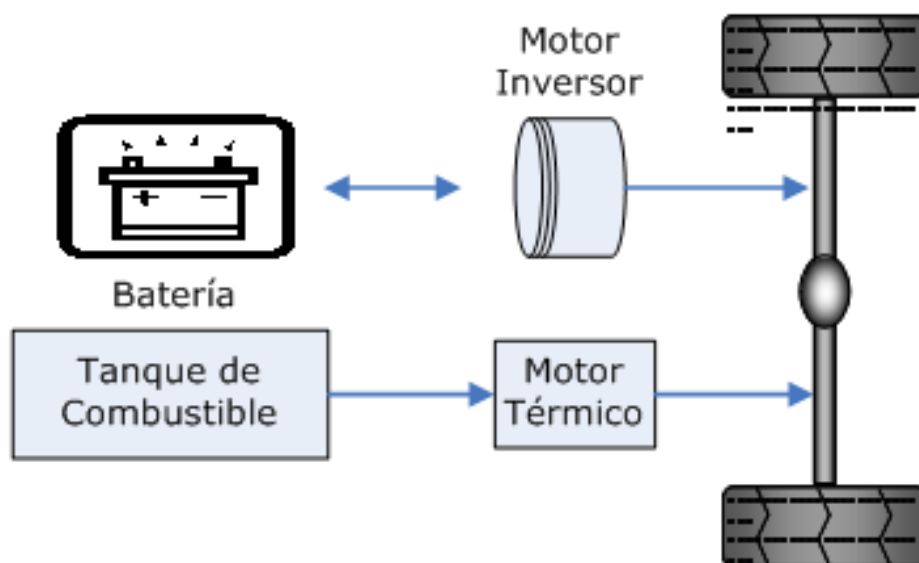


Ilustración 41. Vehículo híbrido con una configuración en paralelo. *Fuente: Curso de Gestión Eficiente de Flotas.*

7.2.4. Ventajas e inconvenientes

Ventajas:

1. Cuando se está usando el motor eléctrico no existe contaminación local.
2. Mediante el frenado regenerativo se consigue recuperar parte de la energía empleada para el movimiento del vehículo.
3. Tiene mayor rendimiento y eficiencia de combustible que un motor de combustión interna tradicional en el ámbito urbano, de ahí que sea el principal vehículo empleado por el sector de los taxistas.
4. Causa menores emisiones de gases contaminantes a la atmósfera
5. No opera al ralentí
6. Tiene un peso y dimensión que el motor de combustión

Inconvenientes:

1. El coste es mayor que los vehículos tradicionales
2. Hay que aplicarle un mayor mantenimiento derivado del empleo de dos motores distintos.
3. Hay poca gama de productos a elegir para los consumidores.

7.2.5. Venta acumulada de vehículos híbridos

A continuación se expone la tabla de venta acumulada de los vehículos híbridos desde 2010 hasta 2016, que son los datos que facilita la Agencia Internacional de la Energía.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canadá		0.30	1.70	3.18	5.42	8.00	14.36
China	0.34	0.66	0.92	1.65	25.92	86.58	165.58
Francia		0.10	0.70	1.53	3.60	9.28	17.03
Alemania		0.24	1.40	3.02	7.41	18.52	31.81
India							
Japón		0.02	10.98	25.11	41.28	55.47	64.86
Corea						0.27	0.44
Holanda		0.02	4.35	24.51	36.94	78.16	98.90
Noruega			0.34	0.69	2.41	12.14	34.38
Suiza			0.66	1.78	5.21	10.83	21.29
R. Unido	0.02	0.03	1.02	2.09	10.02	27.55	54.96
EE UU		7.98	46.57	95.58	150.94	193.77	266.65
Otros	0.02	0.08	1.07	2.16	5.92	16.43	35.07
TOTAL	0.39	9.42	69.70	161.29	295.06	517.00	805.32

Tabla 13. Venta acumulada de vehículos híbridos desde 2010 hasta 2016. *Fuente: Elaboración propia a partir del informe Global EV Outlook [2017](#) p.49*

7.3. Situación mundial

Las ventas acumuladas de vehículos eléctricos llegaron a un millón en la segunda mitad del año 2015 desde que se comenzaron a comercializar (por el año 2005), finalizando el citado año en 1,26 millones de vehículos eléctricos en todo el mundo⁶⁵. Esto supuso un incremento del 79% respecto a 2014, en los que ya se consiguieron resultados históricos, donde hubo un crecimiento del 48% respecto a los datos del año 2013. En la siguiente tabla de elaboración propia obtenida por los datos (expresados en miles) obtenidos de los distintos informes de la Agencia Internacional de la Energía, se muestra toda la progresión y el hito que supuso alcanzar las 2 millones de ventas acumuladas a finales del año pasado.

⁶⁵ Global EV Outlook [2016](#) p.4

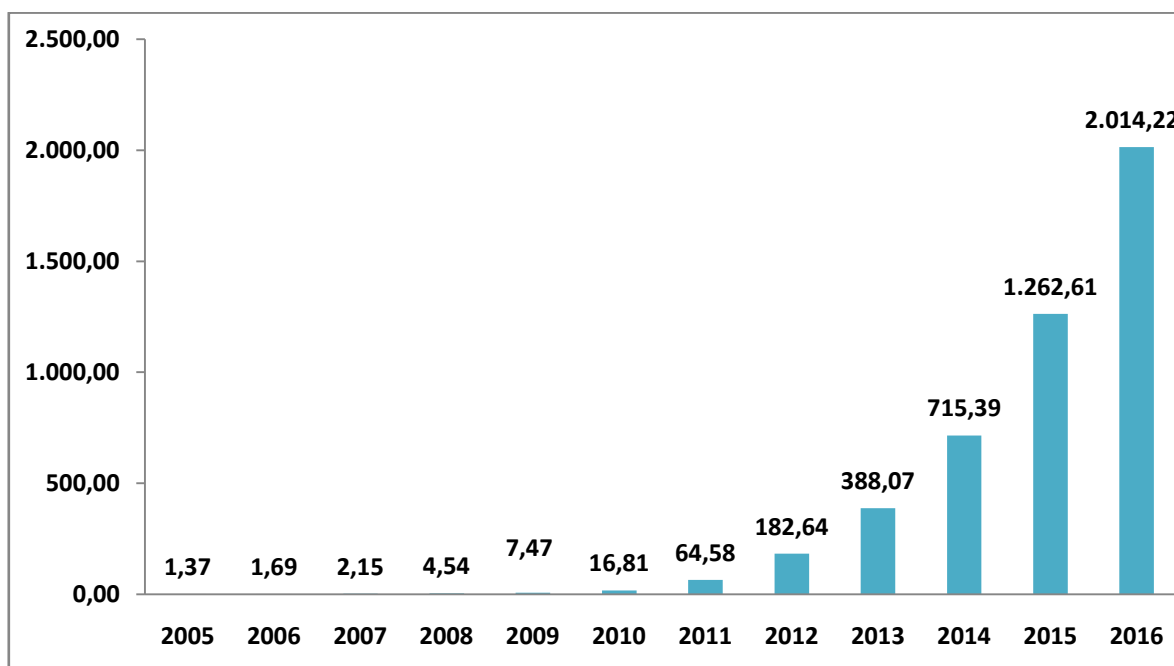


Gráfico 6. La venta acumulada de vehículos eléctricos llegó a 2 millones en 2016. *Fuente:* Elaboración propia a partir del informe *Global EV Outlook 2017* p.50

Pero no quedan ahí los buenos datos pues, como se muestran las imágenes superior e inferior, los resultados del año pasado fueron los mejores, toda vez que se vendieron 750.000 vehículos eléctricos a nivel mundial, llegando a los dos millones de vehículos eléctricos de venta acumulada en todo el mundo, teniendo gran relevancia en estos datos el despunte del mercado chino en los dos últimos años, país en el cual se han multiplicado las ventas desde 2014. En el último año, solo en China se vendieron el 40% de todos los vehículos eléctricos del mercado mundial. Este país pasó a liderar el año pasado las ventas totales de vehículos eléctricos, algo que venía haciendo Estados Unidos hasta finales de 2015. Recuerda la AIE en su informe anual, que el país asiático es líder en el mercado de motocicletas eléctricas, puesto que cuenta con 200 millones, y solo en 2016 se vendieron 30 millones. Además tiene entre 3 y 4 millones de vehículos eléctricos de baja velocidad (LSEVs) y más de 300.000 autobuses eléctricos, por lo que es, de lejos, el país líder en cuanto a electrificación del sector del transporte.⁶⁶

⁶⁶ Global EV Outlook [2017](#) p.5

En términos porcentuales, es cierto que el año 2016 ha sufrido un menor incremento que en los años 2014 (85%) y 2015 (77%) pero también lo es que, al haber cada vez un mayor número de vehículos eléctricos, se complica que suba notablemente el tanto por ciento de ventas.

Si comparamos en términos absolutos el número de vehículos eléctricos con los que se mueven con motores de combustión interna, a día de hoy los movidos por electricidad solo representan el 0,2% de los vehículos de pasajeros, en inglés, PLDV's (passenger light-duty vehicles)⁶⁷, lo que evidencia el largo camino que le queda por recorrer a este medio de transporte, pero también es cierto que según avance la tecnología el despliegue será notable y según la AIE, el número de vehículos eléctricos para 2020 rondará entre 9 y 20 millones en todo el mundo y entre 40 y 70 millones para 2055)⁶⁸. En solo siete países superaba el vehículo eléctrico el 1% de cuota de mercado a finales de 2015 según la Agencia Internacional de Energía⁶⁹.

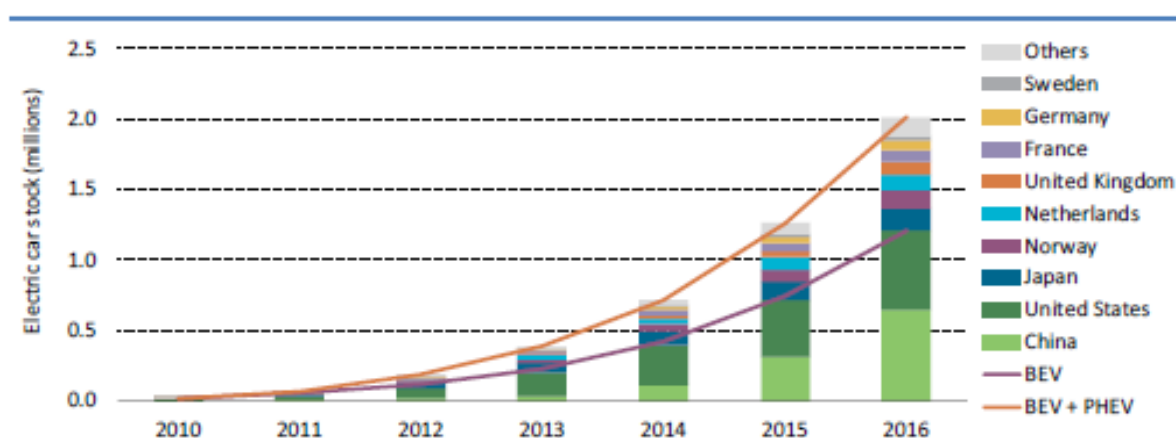


Ilustración 42. Evolución de ventas anuales de vehículos eléctricos desde 2010 hasta la actualidad.

Fuente: Global EV Outlook [2017](#) p.5

⁶⁷ Global EV Outlook [2017](#) p.6

⁶⁸ Global EV Outlook [2017](#) p.6

⁶⁹ Global EV Outlook [2016](#) p.4

Estos buenos resultados se vienen produciendo gracias al gran auge de puntos de carga, tanto públicos como privados, que han proliferado a lo largo de 2016, al haber sido incrementados de manera considerable respecto al año anterior, nada menos que un 72% más.⁷⁰

Para ver la posición de liderazgo de China en el año 2016, ilustro un gráfico extraído del informe de la AIE en la que se aprecia que incluso supera a todo el conjunto de Europa:

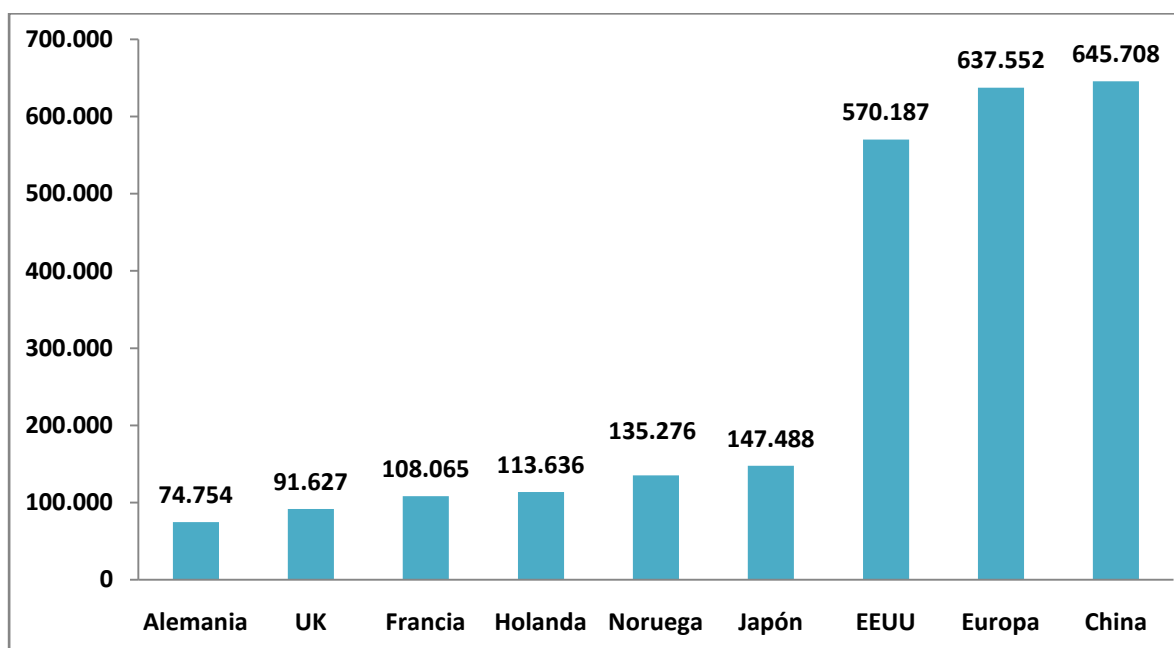


Gráfico 7. Ventas acumuladas de vehículos eléctricos por países hasta finales de 2016. *Fuente:* Elaboración propia a partir del informe *Global EV Outlook 2017* p.49

A continuación se elaboran tres tablas en las que se aprecia la evolución de vehículos eléctricos vendidos desde el año 2005 hasta la actualidad, distinguiéndose entre vehículo eléctrico de batería y vehículo eléctrico híbrido. Los datos han sido extraídos de la Agencia Internacional de la Energía en su informe anual “Global EV Outlook” otras veces mencionado:

⁷⁰ Global EV Outlook [2017](#) p.5

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canadá							0.52	2.02	3.12	5.07	6.96	11.58
China					0.48	1.43	5.07	9.90	15.34	73.17	207.38	336
Francia	0.01				0.10	0.19	2.73	6.26	9.62	12.64	22.95	29.51
Alemania	0.02			0.07	0.02	0.14	1.65	3.37	6.93	12.74	23.19	24.65
India				0.37	0.16	0.35	0.45	1.43	0.19	0.41	1.00	0.45
Japón					1.08	2.44	12.62	24.44	28.88	32.29	24.65	24.85
Corea						0.06	0.27	0.51	0.60	1.31	3.19	5.26
Holanda				0.01	0.03	0.12	0.88	5.12	22.42	15.09	43.77	24.48
Noruega			0.01	0.24	0.15	0.39	1.84	4.51	8.52	19.76	35.61	50.18
Suiza							0.18	0.93	1.55	4.67	8.59	13.42
R. Unido	0.22	0.32	0.45	0.22	0.18	0.28	1.22	2.69	3.75	14.74	29.34	37.91
EE UU	1.12			1.47		1.19	17.73	53.24	96.70	118.78	113.87	159.62
Otros	0.53			0.08	0.03	0.18	2.43	3.64	6.05	12.77	26.62	35.31
TOTAL	1.89	0.32	0.46	2.46	2.22	6.78	47.58	118.06	203.66	323.42	457.12	753.17

Tabla 14. Total de vehículos vendidos anualmente (batería+híbridos). *Fuente: Elaboración propia a partir del informe Global EV Outlook [2017](#)*

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canadá							0.22	0.62	1.64	2.83	4.38	5.22
China					0.48	1.09	4.75	9.64	14.61	48.91	146.72	257
Francia	0.01				0.10	0.19	2.63	5.66	8.78	10.57	17.27	21.76
Alemania	0.02			0.07	0.02	0.14	1.40	2.21	5.31	8.35	12.08	11.32
India				0.37	0.16	0.35	0.45	1.43	0.19	0.41	1.00	0.45
Japón					1.08	2.44	12.61	13.47	14.76	16.11	10.47	15.46
Corea						0.06	0.27	0.51	0.60	1.31	2.92	5.10
Holanda				0.01	0.03	0.12	0.86	0.79	2.25	2.66	2.54	3.74
Noruega			0.01	0.24	0.15	0.39	1.84	4.18	8.20	18.09	27.79	29.52
Suiza							0.18	0.27	0.43	1.24	2.96	2.95
R. Unido	0.22	0.32	0.45	0.22	0.18	0.26	1.21	1.71	2.68	6.81	10.10	10.51
EE UU	1.12			1.47		1.19	9.75	14.65	47.69	63.42	71.04	86.73
Otros	0.53			0.08	0.03	0.16	2.38	2.65	4.96	9.00	16.11	16.67
TOTAL	1.89	0.32	0.46	2.46	2.22	6.39	38.55	57.78	112.10	189.69	325.38	466.43

Tabla 15. Total de ventas anuales del vehículo eléctrico de batería. *Fuente: Elaboración propia a partir del informe Global EV Outlook [2017](#)*

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canadá							0.30	1.40	1.48	2.24	2.58	6.36
China						0.34	0.32	0.26	0.73	24.27	60.66	79.00
Francia							0.10	0.60	0.83	2.07	5.68	7.75
Alemania							0.24	1.16	1.62	4.39	11.11	13.29
India												
Japón							0.24	10.97	14.12	16.18	14.19	9.39
Corea											0.27	0.16
Holanda							0.02	4.43	20.16	12.43	41.23	20.74
Noruega								0.33	0.32	1.68	7.82	20.66
Suiza								0.66	1.12	3.43	5.63	10.46
R. Unido						0.02	0.01	0.99	1.07	7.93	19.24	27.40
EE UU							7.98	38.59	49.01	55.36	42.83	72.89
Otros						0.02	0.06	0.99	1.09	3.76	10.51	18.64
TOTAL						0.38	9.03	60.28	91.56	133.73	221.74	286.75

Tabla 16. Total de ventas anuales del vehículo híbrido eléctrico. *Fuente: Elaboración propia a partir del informe Global EV Outlook [2017](#)*

7.4. Situación en Europa

Como se ha podido apreciar en los gráficos elaborados en el apartado anterior de la situación mundial actual, el conjunto de países de Europa supera en número de compras de vehículos eléctricos a Estados Unidos y está solo por detrás del gigante asiático, China, teniendo ésta un número de algo más del doble (1371 millones China y 743 Europa). Esto nos hace ver claramente que el tanto por ciento de vehículos eléctricos en el conjunto de países europeos duplica al de China. Con ánimo de facilitar la comprensión, el que suscribe ha elaborado una tabla en la que se muestran los 10 países con mayor tanto por ciento de vehículos eléctricos y la evolución experimentada desde 2013 hasta la actualidad. De esos 10 países, a finales de 2016, los 9 con mayor porcentaje eran europeos, motivo de orgullo y que evidencia el compromiso de nuestros socios europeos con el problema medioambiental que nos ocupa.

2013			2014			2015			2016		
Nº	País	Ventas	Nº	País	Ventas	Nº	País	Ventas	Nº	País	Ventas
1	Noruega	6,10%	1	Noruega	13,84%	1	Noruega	22,39%	1	Noruega	29,1%
2	Holanda	5,55%	2	Holanda	3,87%	2	Holanda	9,74%	2	Holanda	6,4%
3	Islandia	0,94%	3	Islandia	2,71%	3	Islandia	2,93%	3	Islandia	4,6%
4	Japón	0,91%	4	Estonia	1,57%	4	Suecia	2,62%	4	Suecia	3,5%
5	Francia	0,83%	5	Suecia	1,53%	5	Dinamarca	2,29%	5	Suiza	1,8%
6	Estonia	0,73%	6	Japón	1,06%	6	Suiza	1,98%	6	Bélgica	1,8%
7	Suecia	0,71%	7	Denmark	0,88%	7	Francia	1,19%	7	Austria	1,6%
8	USA	0,60%	8	Suiza	0,75%	8	UK	1,07%	8	Francia	1,4%
9	Suiza	0,44%	9	USA	0,72%	9	Austria	0,90%	9	UK	1,37%
10	Denmark	0,29%	10	Francia	0,70%	10	China	0,84%	10	China	1,31%

Tabla 17. Países con mayor porcentaje de ventas de vehículos eléctricos. *Fuente: Elaboración propia a partir de la Agencia Internacional de Energía.*

Sin duda alguna, el país referencia y al que hay que tomar como ejemplo en este camino por pasar de un vehículo de combustión interna hacia el vehículo eléctrico es Noruega, puesto que según la Agencia Internacional de la Energía, la cuota de mercado el año pasado en ese país fue de un 29% lejos del segundo país

más comprometido, Países Bajos, con un 6,4%, seguido de Suecia (3,4%)⁷¹. La gran diferencia de cuota de Mercado de Noruega respecto al resto de países puede deberse, como ya hemos comentado, a las ventajas fiscales que tienen estos vehículos limpios en el país nórdico (supresión de IVA, impuestos de aranceles, peajes gratuitos, aparcamientos gratuitos en zonas de tráfico restringido, puntos de recarga gratuitos, ferris de traslado de vehículos gratuitos, acceso al carril de autobús y taxi, impuestos de circulación mucho menores, etc.), por lo que es algo que debemos imitar si queremos resultados similares.

	Primer trimestre 2017	Primer trimestre 2016	% Variación Anual
Austria	1.506	1.264	19.1
Bélgica	3.141	2.217	41.7
Bulgaria	2	1	100
Rep. Checa	88	44	100
Dinamarca	85	215	-60.5
Estonia	13	18	-27.8
Finlandia	604	390	54.9
Francia	9.347	8.117	15.2
Alemania	10.328	5.849	76.6
Grecia	37	18	105.6
Hungría	184	71	159.2
Irlanda	435	360	20.8
Italia	1.048	839	24.9
Letonia	14	13	7.7
Lituania	11	14	-21.4
Holanda	2.502	2.327	7.5
Polonia	160	152	5.3
Portugal	744	419	77.6
Rumanía	11	5	120
Eslovaquia	27	8	237.5
España	1.008	811	24.3
Suecia	3.810	2.122	79.5
Reino Unido	12.091	11.048	9.4
Unión Europea	47.196	36.322	29.9
U. E. (de los 15)	46.686	35.996	29.7
U.E. (actual)	510	326	56.4
Noruega	13.489	10.932	23.4
Suiza	1.655	1.528	8.3
EFTA	15.144	12.460	21.5
EU + EFTA	62.340	48.782	27.8
EU 15 + EFTA	61.830	48.456	27.6

Tabla 18. Variación anual de ventas de vehículos eléctricos en Europa 2016-2017. *Fuente:* Elaboración propia a partir del [informe ACEA](#) del primer trimestre de 2017.

⁷¹ Global EV Outlook [2017](#) p.5

Para analizar la evolución más reciente en Europa, he indagado en el informe trimestral de la ACEA, o lo que es lo mismo, la Asociación Europea de Automóviles, publicado el 7 de Mayo de 2017, y que tiene datos del número de ventas totales de vehículos eléctricos en el primer trimestre del presente año y su variación respecto al año 2016⁷²:

7.5. Situación en España

En nuestro país el avance del vehículo eléctrico es bastante lento respecto al experimentado por alguno de nuestros socios europeos. Las ventas totales desde que se comenzaron a comercializar hasta el mes del presente año, muestran la pobre implantación de este tipo de vehículos. Solo representan el 0,2% del total de vehículos y 4276 unidades. En enero se vendieron 271 vehículos, un incremento de apenas el 12% partiendo de una base muy pobre y bastante inferior al aumento experimentado por el conjunto de países europeos. Como muestra la tabla extraída con datos del informe ACEA, la variación anual de nuestro país fue menor que la experimentada por los países de la Unión Europea, aunque partía de unos datos muy pobres (1008 vehículos vendidos en el primer trimestre de 2016 y 811 en el primer trimestre de 2017)⁷³. España, a pesar de ser el 5º país en población de los que engrosan esa estadística, solo es el 10º en el ranking de ventas este año. Que en países como Bélgica, Holanda, Suecia y sobre todo, Noruega, con un número de habitantes muy inferior al nuestro se vendan mayor número de vehículos eléctricos es algo que debe hacer reflexionar a las autoridades de nuestro país, que deben reforzar los planes derivados a este ámbito. Una muestra más de las carencias que tenemos actualmente es que el plan MOVEA 2017, o lo que es lo mismo, el Plan de Impulso a la Movilidad con Vehículos de Energías Alternativas que ayuda a la compra de coches eléctricos en nuestro país, debería estar vigente desde el 1 de enero del presente año, pero hasta mediados de junio no ha salido en el BOE. Esto son el tipo de actuaciones (tardar en aplicar planes interesantes) que desincentiva la compra de vehículos sostenibles con el medio ambiente, justo lo contrario de lo que

⁷² [Informe ACEA](#). Primer trimestre 2017. European Automobile Manufacturers Association. .

⁷³ [Informe ACEA](#), p.4

hacen países nórdicos como Noruega, y por eso la tasa de ventas allí es del 29% y aquí es un pobre 0,2%.

El Plan MOVEA 2017 tendrá un presupuesto de 14,26 millones de euros. 12 de los mismos irán destinados a ayudas de venta de vehículos eléctricos, desglosándose de la siguiente forma:

- 1 millón para puntos de carga
- 4 millones para vehículos ligeros comerciales
- 7 millones para turismos

Este plan otorga una ayuda de 5.500€ para la compra del vehículo además de un extra si requiere de la instalación de un punto de carga en su vivienda. Para las empresas, la subvención será de hasta 4000€, a pesar de que hay una legislación europea que impide recibir a las empresas más de 200.000€ de ayuda por parte del Gobierno en los tres últimos años.

7.6. Perspectivas de futuro

Según la Agencia Internacional de Energía, en un horizonte temporal a medio plazo, se espera un aumento exponencial de la venta de vehículos eléctricos:

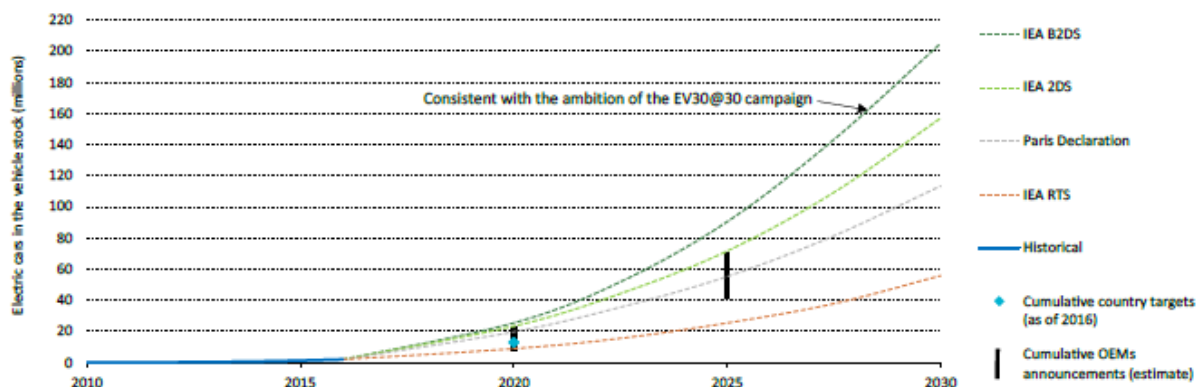


Ilustración 43. Escenario previsto para el año 2030. Fuente: Informe Global EV Outlook [2017](#).

Como puede apreciarse, hay hasta 4 estimaciones diferentes de la evolución futura del vehículo eléctrico hasta 2030, variando entre los 60 millones y 200 en ese año. La diferencia se debe fundamentalmente a la diferencia de planes. El más optimista pertenece a una campaña denominada EV 30@30 elaborada por “Clean Energy Ministerial” que es un foro mundial que pretende promover políticas y mejores prácticas para acelerar la transición a las energías limpias y tiene como objetivo que en 2030 el 30% de las ventas de todos los vehículos de todo el mundo sean eléctricos. Con esta estimación, se iría más allá de la exigencia del acuerdo de París, del que recientemente se ha desligado Estados Unidos, y que puede suponer una variación total en todas estas estimaciones, puesto que puede hacer aumentar hasta 0,3°C la temperatura global a final de siglo, según la ONU⁷⁴. Además, se conseguiría eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2060. Esto sería posible gracias a que según esta estimación, en ese año el número de vehículos eléctricos vendidos supondría el 85% del total de las ventas. La segunda estimación o segundo escenario de la Agencia Internacional de la Energía es el 2DS, con el que la temperatura global aumentaría 2°C desde la era pre-industrial y tiene como objeto alcanzar los 160 millones de vehículos eléctricos en 2030. Con esta estimación, las emisiones de gases de efecto invernadero se anularían en el año 2100. Es menos optimista que la primera estimación, pero a pesar de ello sostiene que es posible que los vehículos eléctricos tengan una cuota de mercado del 60% para el año 2060, llegando a los 1200 millones de vehículos eléctricos en todo el mundo⁷⁵. En tercer lugar se encuentra la Declaración de París en la que habría unos 120 millones de vehículos eléctricos para ese año y por último el escenario RTS (Escenario Tecnológico de Referencia) o lo que se conseguiría con la proyección actual, algo evidentemente insuficiente para cumplir los tratados firmados pero que vistas las últimas noticias que vienen de Norteamérica, puede incluso ser complicado de conseguir si no ponen de su parte los estadounidenses. Si se cumplen los deseos de la Agencia Internacional de la Energía, para 2040 (no sale en el gráfico), debería haber 600 millones de vehículos eléctricos moviéndose por el mundo, algo que parece inalcanzable pero que viendo que el 95% de las ventas actuales proceden de solo 10 países y el efecto de la curva de la S, es posible.

⁷⁴ [EcoDiario](#), visitado el 10 de junio de 2017

⁷⁵ Global EV Outlook [2017](#) p.9

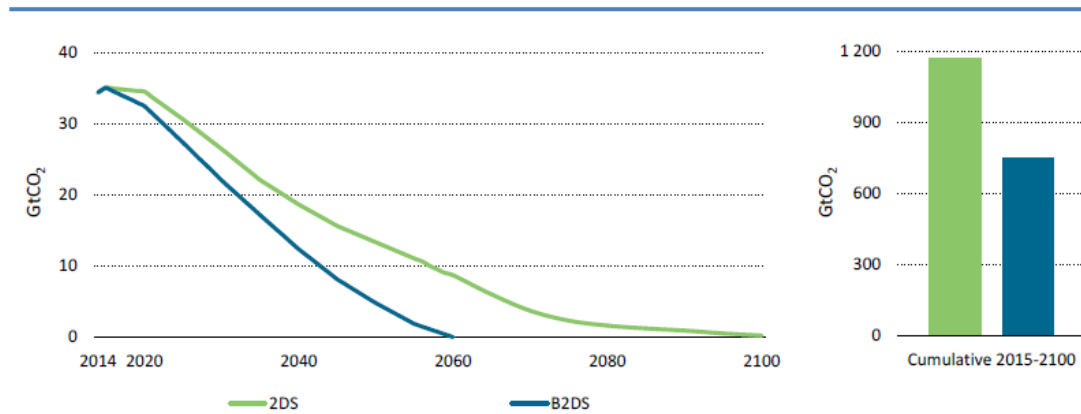


Ilustración 44. Estimación emisiones gases efecto invernadero con las estimaciones 2DS y B2DS.
Fuente: *Global EV Outlook 2017* p.8

Queda un atisbo de esperanza lo que se denomina “Curva de la S tecnológica” que no es más que un ciclo de vida de un producto, pero particularizado a la industria tecnológica por los antecedentes históricos vividos con otras revoluciones en el ámbito de la tecnología, como fueron el caso del frigorífico, la televisión a color o más recientemente, el Smartphone. Esta curva realiza un aumento muy lento al principio, en las etapas iniciales, solo apto para bolsillos acomodados, pero cuando comienza su evolución lo hace de una forma mucho más rápida que cualquier otro producto convencional hasta estabilizarse en las etapas de madurez y declive en las que hasta que no aparece una nueva innovación radical, no disminuye la demanda. Tesla a día de hoy puede ser lo que supuso Apple hace ahora una década, y ahí está la principal esperanza del vehículo eléctrico a medio plazo.

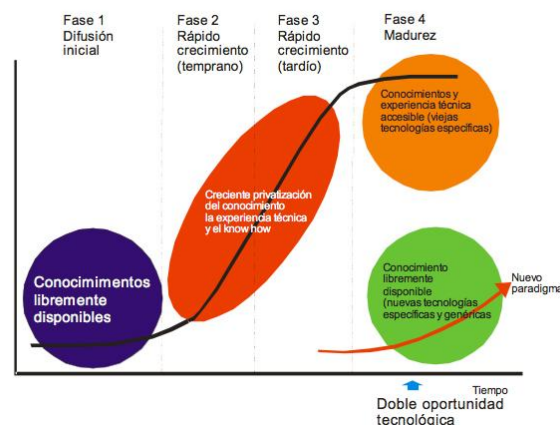


Ilustración 45. Curva de la S Tecnológica. Fuente: <http://www.revistaespacios.com>

7.7. Balance de emisiones CO₂

A la hora de realizar un balance de emisiones, este puede analizarse desde tres perspectivas distintas. El ciclo Well to Tank, o lo que es lo mismo en español, del pozo de extracción al tanque, el Tank to Wheel, o del tanque a la rueda, y por último y más completo, el Well to Wheel, que es el que hay que considerar cuando realizamos un balance de emisiones objetivo.

Cuando tenemos un coche de gasolina como los analizados a continuación, somos conscientes de que durante todo el ciclo de vida del combustible se está produciendo emisiones, tanto para la obtención del combustible (del pozo al tanque) y durante la circulación del vehículo (desde que el combustible sale del tanque hasta que va a la rueda). El hecho de que el último ciclo sea el más visual no debe hacernos olvidar que también se produce contaminación antes de que llegue el combustible al tanque, que en el caso de un turismo de gasolina es el depósito y en el vehículo eléctrico es la batería.

Es frecuente por tanto caer en el error al hablar de un coche “cero emisiones” pues esto no deja de ser parcialmente cierto, es cero emisiones en el ciclo Tank to Wheel o del tanque a la rueda, pero no hay que obviar lo que ha costado en términos de emisiones lograr que esa energía eléctrica esté almacenada en la batería, y para ello se recurre a lo que se conoce como “mix eléctrico” que es una media de las emisiones que se generan en un país durante la producción de un kWh de electricidad. Solamente tendríamos por tanto un vehículo libre de emisiones globales si toda la energía eléctrica con la que se le suministra fuese energía renovable, cosa que no ocurre en España, donde en 2016 esta resultaba ser el 41%.⁷⁶.

Para realizar la siguiente comparativa de emisiones se van a emplear las berlinas de lujo Tesla Model S P100D (eléctrico de batería), BMW Serie 7 Largo 750Li xDrive y Mercedes Clase S Coupé 500 4M, similares en precio y categoría.

⁷⁶ [El periódico de la energía](#), visitado el 14 de junio de 2017

El mix eléctrico medio en España en 2016 fue de emitir 308 gramos de CO₂⁷⁷ por cada kWh producido. Para calcular las emisiones de CO₂ de Mercedes y BMW se recurre a los datos oficiales del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.^{78,79}

El balance de emisiones se analizará con los mismos vehículos con los que se realizará el estudio de viabilidad económica. ¿Cuál de los tres vehículos es más contaminante cuando pasan diez años?

	Mercedes Clase S Coupé	BMW serie 7	Tesla P100D
Potencia	455CV	450CV	760CV
Consumo	9,4 L	9,4 L	18,55kWh
Emisión CO₂	<u>219</u> g/km	<u>219</u> g/km	<u>308</u> g/kWh
Emisión cada 100 km (kg CO₂)	21,9	21,9	4,3407

Tabla 19. Ficha técnica de consumo de los vehículos analizados. *Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.*

Emisiones totales de CO ₂ por vehículo				
Año	Kilómetros recorridos	Mercedes Clase S	BMW serie 7	Tesla P100D
1	30.000 km	6570 kg	6570 kg	1714 kg
2	60.000 km	13140 kg	13140 kg	3428 kg
3	90.000 km	19710 kg	19710 kg	5142 kg
4	120.000 km	26280 kg	26280 kg	6856 kg
5	150.000 km	32850 kg	32850 kg	8570 kg
6	180.000 km	39420 kg	39420 kg	10284 kg
7	210.000 km	45990 kg	45990 kg	11998 kg
8	240.000 km	52560 kg	52560 kg	13712 kg
9	270.000 km	59130 kg	59130 kg	15426 kg
10	300.000 km	65700 kg	65700 kg	17140 kg
Diferencia emisiones		48560 kg	48560 kg	

Tabla 20. Ciclo Well to Wheel. Emisiones de CO₂ de los vehículos analizados al cabo de diez años. *Fuente: Elaboración propia.*

⁷⁷ [Oficina Catalana del Cambio Climático](#), visitado el 14 de junio de 2017.

⁷⁸ Ficha IDAE [BMW serie 7Largo 750Li xDrive](#), visitado el 13 de junio de 2017

⁷⁹ Ficha IDAE [Mercedes Clase S Coupe 500 4MATIC](#), visitado el 13 de junio de 2017

Al igual que se concluirá en el estudio de viabilidad del próximo apartado, la mejor alternativa a la hora de comprar uno de estas tres berlinas de lujo sería el Tesla Model S, ya que el impacto medioambiental que tiene respecto a los otros dos vehículos es muy reducido, es casi cuatro veces menor que en BMW y Mercedes que, casualmente, emiten lo mismo, 65,7 toneladas de CO₂ frente a las 17,14 del Tesla.

A continuación se expone un gráfico comparativo con los datos obtenidos:

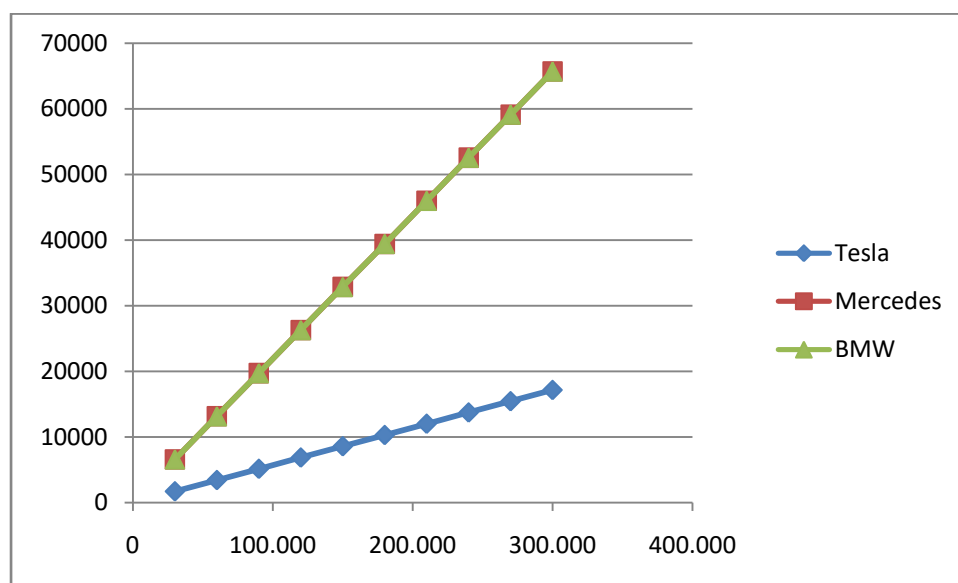


Gráfico 8. Comparación emisión kg CO₂ en cada vehículo. *Fuente: Elaboración propia.*

Además, existe la posibilidad de que a través de un vehículo eléctrico el impacto de la huella de carbono sea muy cercano a cero, puesto que hay algunas empresas que por añadir 1€ más en la factura mensual permiten que recargues tu vehículo con energías 100% renovables, haciendo que el ciclo Well to Wheel, o lo que es lo mismo, el ciclo del tanque a la rueda, sea el más eficiente posible.

Hay otros países donde el desarrollo de las energías renovables es notable y el mix eléctrico que mide la emisión de kg de CO₂ por cada kWh producido es mucho más reducido, lo que hace estas diferencias aún más notables.

¿Qué ocurre cuando una batería llega al final de su vida útil? Una de las grandes controversias del vehículo eléctrico es responder esta pregunta, puesto que la mayoría de gente piensa que tiene un enorme impacto negativo sobre el medio ambiente porque contaminan mucho, lo cual es radicalmente falso. Estas baterías pueden reutilizarse, por ejemplo, para autoconsumo propio en una vivienda. Si tenemos en cuenta que en España un hogar medio consume aproximadamente 10kWh al día y poniéndonos en muy extraño caso de que la batería de nuestro Tesla al cabo de los 10 años del estudio previo pierde un 30%, seguimos disponiendo de 70kWh que no debemos desperdiciar, puesto que tendremos para consumo eléctrico del hogar durante una semana. En caso de que no lo quieras en para uso doméstico, siempre puede ser empleado para uso industrial o vendérselo a algún interesado para alguno de los fines mencionados. Si llega un momento en el que la batería no puede llegar a tener ningún uso, lo que se hace con ella es reciclarla y así pueden fabricarse nuevas baterías con ellas, por lo que queda claro que el ciclo de vida de este elemento puede llegar a ser de varias décadas.

7.8. Estudio de viabilidad económica

En el presente apartado, se van a realizar tres estudios de viabilidad económica, uno inicial rápido en el que solo se considerarán los costes de carburante (en el caso del vehículo eléctrico, los más pesimistas), otro segundo más completo y realista con todas los ahorros derivados de la adquisición de un vehículo eléctrico y por último, una combinación intermedia de las dos, aplicando un criterio pesimista en el tema del carburante para el Tesla y un criterio lo más ajustado a la realidad para el resto de factores. Para la realización de este estudio se han seleccionado tres vehículos muy similares en precio y características, y también en número de ventas. Estos tres vehículos serán las berlinas de lujo Tesla Model S P100D (eléctrico de batería), BMW Serie 7 Largo 750Li xDrive y Mercedes Clase S Coupé 500 4M, estos últimos propulsados por un motor de combustión interna de gasolina. El motivo de coger estos tres modelos es meramente económico, puesto que en especificaciones el Tesla es superior a ambos, con 300 CV más de potencia.

1. Estimación rápida pesimista considerando únicamente gastos de carburante y sin bonificaciones

Para hacer los cálculos de inicio, se supondrá que el poseedor del vehículo Tesla tiene la mala suerte de no conocer el programa de referidos que ofrece la compañía y con el cual es muy sencillo conseguir 1.000€ de descuento y cargas ilimitadas en los súper cargadores de Tesla. Además, se supone que todo el repostaje que haga en su vida útil (estimada en 10 años y a razón de 30.000 kilómetros anuales) lo haga en súper cargadores, siendo estos más caros que tener tu propio punto de carga en la vivienda. Se estima la autonomía del Tesla Model P100D en 539 kilómetros, por lo que consumirá 0,1855 kWh por kilómetro, o lo que es lo mismo, 18,55kWh cada 100km. Tanto BMW como Mercedes consumen 9,4 litros según el Instituto de la Diversificación y Ahorro de la Energía⁸⁰. El precio del kWh Tesla lo comercializa en España a 0,24€, y el litro de gasolina 98 tiene un precio en la actualidad de 1,35€ (11 de junio de 2017). El motivo de escoger el combustible gasolina 98 es porque las especificaciones de consumo y potencia de los vehículos que emplean dicho carburante se obtienen con gasolina de 98 octanos.⁸¹ Teniendo en cuenta solo este cálculo simplista sin tener en cuenta otros factores que se detallarán a continuación, ya se aprecia que el Tesla Model S es más rentable a largo plazo.

	Mercedes Clase S Coupé	BMW serie 7	Tesla P100D
Precio	155.950 €	142.800 €	162.400 €
Potencia	455CV	450CV	760CV
Consumo (100km)	9,4 l	9,4 l	18,55 kWh
Precio combustible	1,35	1,35	0,24
Precio cada 100 km	12,69€	12,69€	4,452€

Tabla 21. Ficha técnica de los vehículos comparados. *Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.*

Aunque es cierto que el Tesla es más potente que Mercedes y BMW, no es menos cierto que si quisiéramos escoger un Mercedes que se le asemejase a esa potencia, habría que ir al Mercedes Clase S 63 AMG 4M Coupé Edition, que tiene

⁸⁰ [Características vehículos](#) según IDAE, visitado 14 junio 2017

⁸¹ [Catálogo BMW Serie 7](#), p.30, pie página nº2

650CV y su precio de inicio son 221.000€, lo que hace absurdo iniciar una comparación puesto que sale completamente beneficiado el Tesla. Los consumos mixtos facilitados por las marcas oficiales respectivas.

Año	Kilómetros recorridos	Mercedes Clase S Coupé	BMW serie 7	Tesla P100D
1	30.000 km	159.757 €	146.607 €	163.736 €
2	60.000 km	163.564 €	150.414 €	165.071 €
3	90.000 km	167.371 €	154.221 €	166.407 €
4	120.000 km	171.178 €	158.028 €	167.742 €
5	150.000 km	174.985 €	161.835 €	169.078 €
6	180.000 km	178.792 €	165.642 €	170.414 €
7	210.000 km	182.599 €	169.449 €	171.749 €
8	240.000 km	186.406 €	173.256 €	173.085 €
9	270.000 km	190.213 €	177.063 €	174.420 €
10	300.000 km	194.020 €	180.870 €	175.756 €
	Diferencia	18.264 €	5.114 €	

Tabla 22. Coste total en función del número de kilómetros recorrido. *Fuente: Elaboración propia.*

En esta toma de contacto, vemos que al final de los 10 años solo con el ahorro derivado de los gastos de carburante - suponiendo que todas las cargas se realizan en súper cargadores de Tesla previo pago de 0,24€ el kWh,- la mejor opción es optar por el vehículo eléctrico, a pesar de que supone un desembolso inicial mayor.

2. Estimación completa realista

Pero como se ha visto antes, esto surge de una visión simplista en la que no se tienen en cuenta factores tan diversos como averías (mucho mayores en el caso de los vehículos de combustión, ya que un vehículo eléctrico no requiere de revisiones periódicas, simplemente son meras recomendaciones), sustitución de baterías o motores, instalación de punto de carga en la vivienda o que, siendo un poco perspicaz, el transporte mediante el programa de referidos de Tesla puede salir completamente gratis y para siempre a día de hoy.

Se supone que el comprador del vehículo eléctrico se gasta 2.000€ en instalar el coche en su vivienda, y que un tercio de los kilómetros realizados los carga en su casa. Además, se aprovecha de los planes que tiene el Gobierno (plan MOVEA) por los que subvenciona con 1.000€ los puntos de carga en las viviendas y deduce 5.500€ del precio inicial del vehículo (cumple condiciones: más de 90km autonomía y 100% eléctrico). Además, con el programa de referidos de Tesla adquiere otra bonificación de 1.000€. Da la casualidad que la garantía que ofrece Tesla ocupa casi todo el período estudiado, puesto que cubre reparaciones graves (rotura de motor, degradación de batería) hasta los 8 años del vehículo con kilometraje ilimitado.

También se tiene en cuenta el precio del kWh al cargar en la vivienda, que en la actualidad la compañía Endesa lo vende por 0,1411€ si contratamos un precio fijo⁸² -ya se ha mencionado que se cargará aproximadamente un tercio del total de los kilómetros que haga en su vida útil el vehículo-. Se estima que el precio de las reparaciones de los vehículos de combustión interna es mayor debido a que en los vehículos eléctricos no es necesario el mantenimiento propio de elementos como los filtros (aceite, carburante), aceites (motor, caja cambios), correa de distribución etc. Tesla solo recomienda cambiar el líquido de frenos cada 40.000 kilómetros y el de refrigeración cada 80.000km. El precio de esas revisiones pueden variar en función de si se hacen individualmente o comprando packs que ofrece la compañía⁸³, que además incluyen la sustitución de los neumáticos. El coste del plan para nuestro vehículo de tracción integral es de 2.600€ cada 4 años u 80.000km. Como recorreremos 300.000km en los 10 años, tendremos que contratar 4 planes para que cubran todo el kilometraje y el coste de mantenimiento total del vehículo será de 10.400€.

Pasando a los vehículos de combustión interna, según el Instituto para la Diversificación de la Energía, el coste medio de mantenimiento de un vehículo en España ronda los 2.000€⁸⁴. Evidentemente, el coste de este tipo de berlinas de lujo sería mayor y supone un cálculo demasiado optimista, pero con ánimo de demostrar que es mucho mejor la opción eléctrica, se dejará así. Además, la garantía en los

⁸² [Tarifa Endesa](#), visitado el 12 de junio de 2017.

⁸³ [Plan mantenimiento de Tesla](#), visitado el 12 de junio de 2017

⁸⁴ [Mantenimiento medio vehículo España](#), visitado el 12 de junio de 2017

casos de Mercedes (2 años) y BMW (3 años o 200.000km) no es tan ventajosa como en el caso de Tesla, por lo que si hubiera una avería grave a partir de esos años, no lo cubren, como sí hace Tesla hasta los 8 años con kilómetros ilimitados, que por otro lado hay que indicar que en el caso de los vehículos eléctricos, el kilometraje para los motores da igual, ya que son motores mucho más simples y no sufren averías, y mucho menos para el número de kilómetros analizado.

Se supone que la ITV, póliza del seguro e impuestos de matriculación y circulación son similares al tratarse de vehículos equivalentes, por lo que no se incluyen en los cálculos al no variar el resultado final. Teniendo en cuenta todas esas nuevas variables, se reelaboran las tablas y el resultado obtenido es el siguiente:

	Mercedes Clase S Coupé	BMW serie 7	Tesla P100D
Precio	155.950 €	142.800 €	162.400 €
Potencia	455CV	450CV	760CV
Consumo (100km)	9,4 l	9,4 l	18,55 kWh
Precio combustible	1,35€/l	1,35€/l	0,1411€
Precio cada 100 km	12,69 €	12,69 €	0,87 €
Punto de carga	-	-	2.000,00 €
Bonificaciones	-	-	7.500,00 €
Mantenimiento	20.000€	20.000€	10.400€

Tabla 23. Ficha técnica de los vehículos comparados. *Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.*

Se obtienen los datos técnicos del consumo de cada vehículo, recordando que el precio cada 100km se obtiene suponiendo que se carga un tercio del total en la vivienda particular y dos tercios en súper cargadores, de ahí que obtengamos 0,87€ por cada 100km, pero hay que tener en cuenta que aún con todo esto, no hemos sido todo lo optimistas que podríamos ser, ya que en caso de contratar en nuestra vivienda la tarifa “Precio Fijo con Discriminación Horaria” y cargar el vehículo por las noches para su uso urbano (un tercio del kilometraje total), el precio del kWh bajaría a 0,084€. Y todavía podría resultar más barato teniendo en cuenta que contratásemos la tarifa “Precio fijo con Discriminación Horaria Supervalve”, puesto que el precio del kWh en las horas supervalve (nocturnas) es de 0,074€.

Año	Kilómetros recorridos	Mercedes Clase S Coupé	BMW serie 7	Tesla P100D
1	30.000 km	159.757 €	146.607 €	157.162 €
2	60.000 km	163.564 €	150.414 €	157.423 €
3	90.000 km	167.371 €	154.221 €	157.685 €
4	120.000 km	171.178 €	158.028 €	157.947 €
5	150.000 km	174.985 €	161.835 €	158.209 €
6	180.000 km	178.792 €	165.642 €	158.470 €
7	210.000 km	182.599 €	169.449 €	158.732 €
8	240.000 km	186.406 €	173.256 €	158.994 €
9	270.000 km	190.213 €	177.063 €	159.256 €
10	300.000 km	194.020 €	180.870 €	159.517 €
	Con mantenimiento	214.020 €	200.870 €	169.917 €
	Diferencia de precio	44.103 €	30.953 €	

Tabla 24. Coste total en función del número de kilómetros recorrido. *Fuente: Elaboración propia.*

Al final de los 10 años, con todas las variables consideradas, el Tesla sale 30.953€ más barato que BMW Serie 7 y 44.103€ más barato que el Mercedes Clase S Coupé, a pesar de ser tener el precio inicial más elevado, tener las mejores especificaciones y de no ser todo lo optimista que podríamos, puesto que podríamos haber contratado una tarifa de discriminación horaria que redujese aún más el precio.

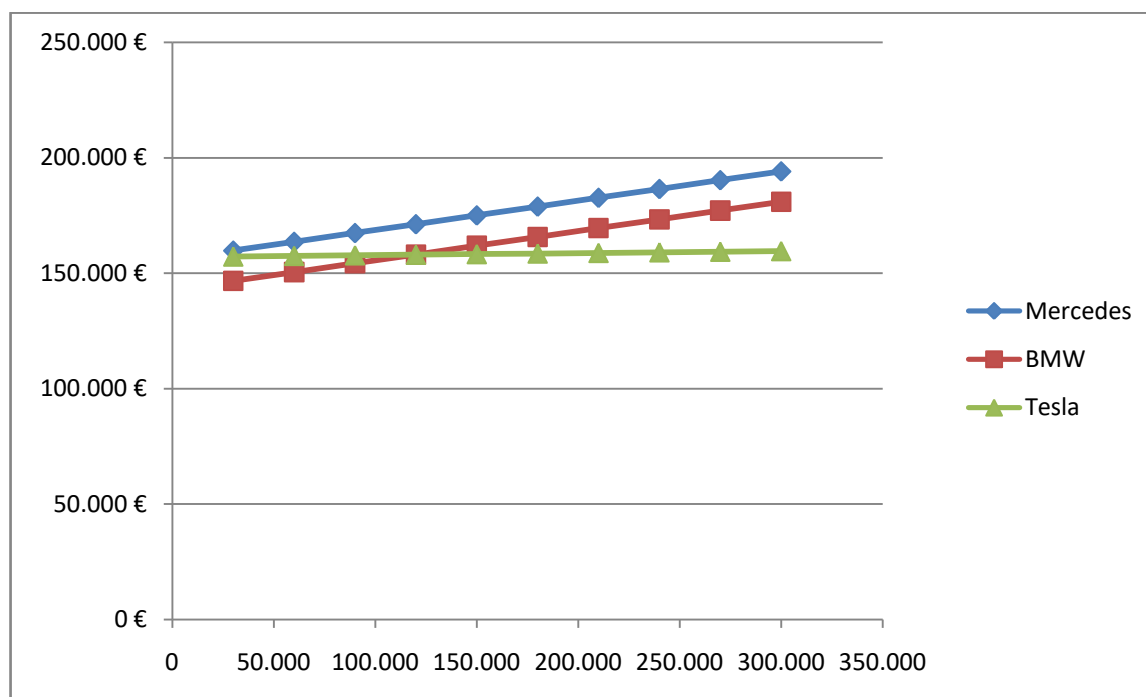


Gráfico 9. Punto de corte de costes totales de las tres alternativas. *Fuente: Elaboración propia.*

Queda patente a la vista de los resultados el motivo por el cual el Tesla Model S ya es líder en Estados Unidos en el mercado de las berlinas de lujo y empata en Europa con estos tres modelos a pesar de que aún queda mucho camino por recorrer en el ámbito de los puntos de carga en muchos países, entre los que se encuentra España.

3. Estimación pesimista completa

Si a la vista de los resultados, queda alguien que no esté convencido de que la mejor alternativa es la del vehículo eléctrico, se realiza un estudio final, con la condición de que toda la energía la cargamos en súper cargadores (0,24/kWh) y el resto de variables igual al estudio anterior. Es evidente de que esto es completamente irreal ya que hemos analizado que el acceso a los súper cargadores puede ser fácilmente accesible de forma ilimitada y además podríamos cargar el vehículo en casa a un precio menor, de modo que obtenemos como resultado:

Año	Kilómetros recorridos	Mercedes Clase S Coupé	BMW serie 7	Tesla P100D
1	30.000 km	159.757 €	146.607 €	157.162 €
2	60.000 km	163.564 €	150.414 €	157.423 €
3	90.000 km	167.371 €	154.221 €	157.685 €
4	120.000 km	171.178 €	158.028 €	157.947 €
5	150.000 km	174.985 €	161.835 €	158.209 €
6	180.000 km	178.792 €	165.642 €	158.470 €
7	210.000 km	182.599 €	169.449 €	158.732 €
8	240.000 km	186.406 €	173.256 €	158.994 €
9	270.000 km	190.213 €	177.063 €	159.256 €
10	300.000 km	194.020 €	180.870 €	159.517 €
	Con mantenimiento	214.020 €	200.870 €	169.917 €
	Diferencia de precio	33.364 €	20.214 €	

Tabla 25. Coste total en función del número de kilómetros recorrido considerando que pagamos 0,24€ por kWh. Fuente: *Elaboración propia.*

Esta estimación es igual que la segunda pero aplicando un precio fijo de la energía eléctrica de 0,24€/kWh y cargando todo en súper cargadores sin descuento. Al igual que en las anteriores comparaciones, el vehículo eléctrico sale como la mejor opción.

¿Y si se diese el peor de los casos y tuviese que sustituir la batería de mi vehículo eléctrico? Es una pregunta acertada y que genera controversia entre los compradores. A día de hoy, las baterías que fabrica Tesla están preparadas para aguantar perfectamente los diez años del presente estudio de viabilidad, pero como sabemos, toda batería conforme va sumando ciclos de carga sufre cierta degradación que hace que su duración no sea la misma. Aquí entran en juego varios factores que hacen que Tesla esté en posición predominante. En primer lugar las actualizaciones constantes que realiza la compañía, como veremos en el epígrafe específico elaborado sobre Tesla, que hace la eficiencia de las baterías sea mayor y apenas se pierda autonomía. De hecho se adjunta un vídeo de un usuario de un Tesla Model S de 85kWh (ya no están en venta), el cual tenía una autonomía inicial de 400 kilómetros y tras un año y medio había perdido el 8% de la autonomía del vehículo (llegaba a 370km). Cuál fue su sorpresa, que con el paso de los meses, la autonomía de su berlina en lugar de aminorar no hacía sino aumentar, y un año más tarde, cuando llevaba con el coche 2 años y medio, la autonomía del vehículo había aumentado hasta los 375km con 70.000 kilómetros de uso, es decir, solo se había degradado un 6,25%⁸⁵

Investigando en foros especializados⁸⁶ específicos de Tesla, llegué al Dutch-Belgian Tesla Forum en el que cientos de usuarios holandeses y belgas que emplean el Tesla Model S iban anotando el número de kilómetros recorridos y la autonomía restante de su berlina, y los resultados fueron los siguientes:

⁸⁵ [Degradación batería de un usuario de Tesla Model S](#), visitado el 13 de junio de 2017.

⁸⁶ [Base de datos](#). Foro especializado de Tesla Model S, visitado el 13 de junio de 2017.

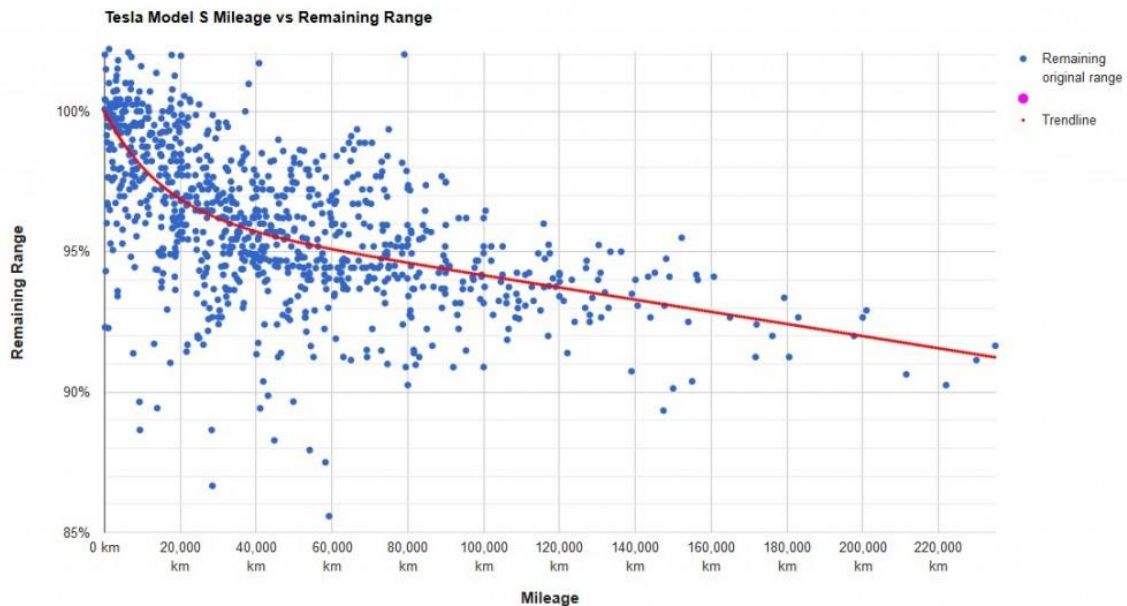


Gráfico 10. Degradación batería con el paso de los kilómetros del Tesla Model S. Fuente: [Dutch-Belgian Tesla Forum](#)

Como puede apreciarse, de la amplia muestra estudiada, muy pocos pierden más de un 10% de batería, e incluso hay varios usuarios que llegan a 200.000 kilómetros y mantienen aún más del 90% de la batería. Como norma general, parece que el comportamiento de las baterías tiende a bajar rápidamente un 5-7% y luego estabilizarse o bajar muy lentamente, lo que hace pensar que la batería no será fuente de problemas. Si es de interés para el lector, pinchando en el hipervínculo se accede al documento compartido en el que los usuarios del Tesla Model S han ido actualizando el estado de su vehículo para elaborar la gráfica de arriba.

En segundo lugar, que como ya hemos visto, la garantía de Tesla cubre 8 años con kilometraje ilimitado, lo que significa que si hay algún problema con la batería, lo cual es muy poco frecuente puesto que es su especialidad – tienen una Gigafábrica en la que da empleo a más de 6.500 personas solo ahí –, te la sustituyen dentro de esos 8 años de garantía. Y si por mala suerte tuviera una avería de la batería que obligase a cambiarla, entra en juego el tercer punto a favor de Tesla, y es que precisamente gracias a la creación de esa Gigafábrica, tiene el menor coste de producción de kWh para las baterías. Según estimaciones

realizadas por el sector y ellos mismos, el precio de las baterías para 2025 –año en el que cumpliría la garantía del Tesla Model S en caso de adquirirlo ahora– tendrán un precio estimado entre 12.000 y 15.000€, y como hemos visto en los dos estudios detallados, tanto el realista como el pesimista, el margen frente a BMW y Mercedes es mayor a eso.

7.9. Tesla, Inc

Antiguamente llamada Tesla Motors, es una compañía estadounidense de automóviles eléctricos de batería que fue fundada en 2003 por Elon Musk, Martin Eberhard y JB Straubel. Recientemente, concretamente el 9 de Junio del presente año, su fundador Elon Musk indicaba la motivación de la creación de la compañía. Según sus propias palabras:

"Pocas personas saben que empezamos Tesla cuando General Motors retiró forzosamente todos los coches eléctricos en 2003 y los destruyó en un depósito de chatarra", explicó Musk el pasado viernes. "Esto fue hecho contra el deseo de sus propietarios, que mantuvieron una vigilia durante la noche para protestar la muerte de sus coches", continuó. "Ya que las grandes compañías estaban acabando sus programas de Vehículos Eléctricos (VE), la única opción fue crear una compañía VE, incluso si era casi inevitable que fuese un fracaso", terminó diciendo Musk.⁸⁷

Esta marca se hizo conocida al fabricar el Tesla Roadster, primer vehículo deportivo eléctrico de batería. Actualmente, Tesla es líder en el mercado de automóviles eléctricos de batería pero ha diversificado hacia la venta de baterías en viviendas o a otros fabricantes. El vehículo que actualmente sobresale en el panorama eléctrico es la berlina de lujo Tesla Model S, el cual tiene el récord de velocidad en pasar de 0 a 100km/h en 2,28 segundos – en su modelo P100D – y una autonomía que ronda los 500 kilómetros según el ciclo americano en su mejor versión de 100kWh.

⁸⁷ [Diario Expansión](#), visitado el 11 de junio de 2017.

El primer vehículo de Tesla, el modelo Roadster, nació en el año 2008 y se estuvo produciendo hasta 2011, con unas ventas totales de 2450 vehículos. Tiene una autonomía de 393 kilómetros y llega a 100km/h en menos de 4 segundos. En 2015 Tesla sacó al mercado una actualización, Roadster 3.0 que mejoraba la autonomía hasta los 644 kilómetros y la capacidad de la batería de 53kWh a 70kWh.

7.9.1. Modelos actuales

- Tesla Model S

El Tesla Model S es el vehículo más vendido de Tesla y tiene varios modelos, desde 75kWh hasta 100kWh. Es equiparable en categoría a berlinas de lujo como BMW serie 7, Audi A8 o Mercedes Clase S. Precisamente, en el primer trimestre del presente año, se vendieron los mismos vehículos en toda Europa de estos tres modelos⁸⁸ – 12.400 unidades de cada uno – a pesar de que los cargadores de Tesla aún no están extendidos por toda la geografía continental. En Estados Unidos, donde la red de súper cargadores está bastante extendida, el Tesla Model S es la berlina de lujo líder en ventas desde hace dos años⁸⁹. En 2016 vendieron 29.421 coches por los 22.171 de su perseguidor, el Cadillac XTS, lo que reafirma que es una excelente decisión de compra.

Consta de dos motores, uno en la parte delantera y otro en el eje trasero, consiguiéndose un control de tracción sin igual. El precio oscila entre los 80.000 y 155.000 euros con todas las tasas y papeleos incluidos, ya que hay que recordar que viene de Estados Unidos. A continuación se muestra una clasificación de los tipos de Tesla Model S que hay y precios en función de autonomía y tracción elegidas:

- Tracción trasera
 - Desde 82.400€ con batería de 75kWh. Alcance 480km (NEDC)

⁸⁸ Forocoches eléctricos, noticia [Europa](#), visitado el 11 de junio de 2017.

⁸⁹ Forocoches eléctricos, noticia [EEUU](#), visitado el 11 de junio de 2017.

- Tracción integral: Llevan una D detrás del número de modelo.
 - Desde 88.200€ con batería de 75kWh. Alcance 490km (NEDC)
 - Desde 113.850€ con batería de 100kWh. Alcance 632km (NEDC). Este modelo además incluye una versión de mayor potencia, el empleado para los estudios de viabilidad y de emisiones en epígrafes anteriores.

No hay que olvidar que la autonomía de las baterías depende de algunos factores como los ambientales. Indagando en la página web oficial de Tesla, podemos que lo mencionado puede variar considerablemente según las condiciones atmosféricas, en el caso del modelo de 100kWh. Así, este vehículo consigue una autonomía aproximada de 560km con una temperatura exterior de 30°C y el aire acondicionado encendido, y una autonomía de 478km si las condiciones ambientales en el exterior rondan los 10 grados centígrados bajo cero. A continuación se elabora un gráfico en el que se muestra dicha variación de autonomía, algo interesante a tener en cuenta según la zona en la que vivas. En el eje Y se representan los kilómetros de autonomía y en el eje X la temperatura exterior.

Se considera que de 10°C para abajo se hace uso de la calefacción y desde los 20°C para arriba del aire acondicionado, lo que limita la autonomía. El modelo más caro, el P100D se le denota con una P delante para indicar que se trata del modelo más potente de los que se comercializan con 100kWh.

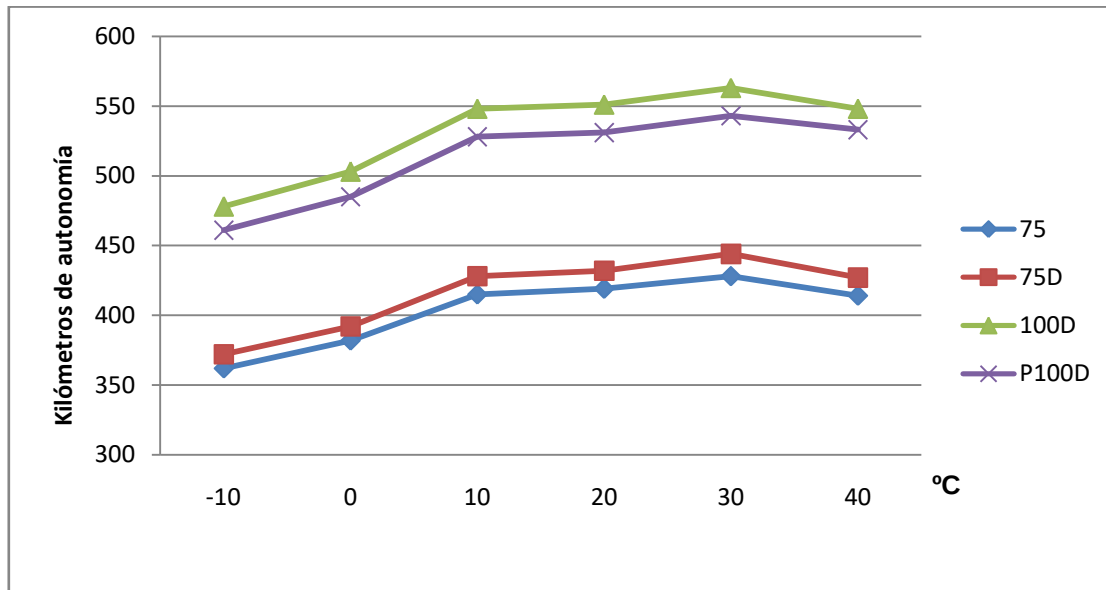


Gráfico 11. Comparación autonomía diferentes modelos Tesla Model S según temperatura exterior.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Tesla Motors

- Tesla Model X

Está destinado a compradores que requieren de un modelo SUV, puesto que consta de 7 plazas, dos motores y tracción integral. Salió al mercado en septiembre de 2015 y un año después ya habían vendido 16.000 unidades en todo el mundo. En su versión más potente – Ludicrous Speed Upgrade –, es capaz de acelerar de 0 a 100 km/h en solo 3,2 segundos. Según el modelo, la autonomía varía entre los 350-420 kilómetros. Hay 4 tipos de Tesla Model X⁹⁰:

- Tesla Model X 75D: 97.150€. Autonomía 417km (NEDC). 524 CV.
- Tesla Model X 100D: 115.800€. Autonomía: 565 km (NEDC). 612 CV.
- Tesla Model X P100D: Desde 167.800€. 542km (NEDC). 612 CV.



Ilustración 46. Tesla Model S y Model X respectivamente. Fuente: Tesla Motors.

⁹⁰ ElectroMaps, visitado el 11 de junio de 2017.

7.9.2. Modelos en fabricación

- Tesla Model 3

Está llamado a competir con vehículos tipo berlinas más económicos, como el Mercedes Clase C, Audi A4 o el BMW Serie 3, los cuales han vendido en el primer trimestre de 2017 en Europa 176.038, 162.655 y 144.561 unidades respectivamente. La gran duda es, ¿logrará este modelo igualar los resultados del Model S? Recordemos que este último consiguió igualar en ventas el pasado trimestre a sus homólogos de Mercedes y BMW. El precio inicial de venta en Estados Unidos libre de impuestos y extras será de 35.000 dólares, lo que supone que cuando llegue a España el precio final rondará los 40.000 euros incluyendo el IVA y realizada la conversión monetaria.

Se empezará a comercializar este verano y la expectación es tan alta que hay nada menos que 500.000 reservas del mismo – para lo cual hay que depositar 1.000 dólares –. El reto ahora para la compañía es satisfacer la demanda sin hacer esperar mucho a los clientes, puesto que la capacidad productiva de la compañía para este modelo se estima en unas 10.000 unidades semanales, lo que supone estar fabricando un año para satisfacer toda la demanda que tiene en la actualidad sin que el vehículo haya salido al mercado. Para tener una dimensión real de la espectacularidad de estos datos, hay que retrotraerse a las estadísticas facilitadas por la Agencia Internacional de la Energía que ya se comentaron en el epígrafe “vehículo eléctrico de batería” y en las que se mostraba que a final del año 2016, las ventas acumuladas de este tipo de vehículo desde 2005, es decir, 12 años, eran de 1,2 millones, y solo este modelo de Tesla ya ha conseguido un número de reservas de más del 40% de esa cifra haciendo pasar por caja a los interesados. Esto hace indicar, a juicio del que suscribe, que como ya ocurrió en Estados Unidos y pronto ocurrirá en Europa con el Model S (líder de su sector), el Tesla Model 3 no tardará mucho en ocupar esa misma posición en su segmento de ventas.

- Tesla Model Y

Al igual que el Model 3, será una versión económica del Model X, un vehículo tipo SUV al alcance de una gran parte de bolsillos de la sociedad. No hay prácticamente información de este modelo, puesto que Elon Musk informó sobre él hace muy pocos días, concretamente el 6 de Junio y solo se tiene constancia de que saldrá al mercado en 2019 con un precio no muy superior al Model 3, que recordemos que tendrá un precio de salida sin impuestos de 35.000 dólares.



Ilustración 47. Tesla Model 3 y prototipo de Model Y respectivamente. *Fuente: Tesla Motors.*

7.9.3. Políticas de empresa

También es reseñable comentar que Tesla está continuamente realizando actualizaciones a sus vehículos y hace que mejoren sus especificaciones de velocidad y autonomía entre otras. Además de actualizar de forma constante los vehículos, cuenta con programas de referidos que actualiza y mejora con el paso del tiempo. Por ejemplo, el pasado 20 de mayo, cambió su sistema de referidos⁹¹, con el cual, si conoces a algún propietario de un vehículo cualquiera de Tesla, si te facilita su código que le dan al comprar un vehículo, tienes acceso a un descuento de 1.000€ en la compra del coche y además acceso ilimitado a los SuperChargers – en los modelos Model S y Model X –, respondiendo así a las demandas de los clientes, puesto que hasta enero de este mismo año el acceso a los mismos era gratuito y la política de la empresa cambió y pasó a dar simplemente un bono por 400kWh, que venían a ser unos 1.600 kilómetros de autonomía gratuitos y a partir de ahí cobrarían a 0,24€ el kWh. Esto se modificó y ahora simplemente encontrando a un propietario de un vehículo de esta marca tienes acceso al descuento y a los

⁹¹ [Forocoches eléctricos](#), noticia referidos, visitado el 11 de junio de 2017.

SuperChargers que hay instalados en toda la geografía europea y, de forma limitada en España, como veremos más adelante. Todo este tipo de políticas que incentivan la compra y el confort del usuario durante el servicio post-venta han hecho que a pesar de que es una compañía joven se haya puesto por delante de muchas marcas en cuanto a valor de mercado se refiere. Como se muestra en la tabla diseñada de abajo, Tesla ya supera en valor de mercado a Land Rover o Porsche, y es con gran diferencia la empresa que mayor variación anual experimenta de las 10 líderes del sector en este ámbito.

Ranking 2017	Ranking 2016	Marca	Valor de mercado	Variación valor marca
1	1	Toyota	28.660	-3%
2	2	BMW	24.559	-8%
3	3	Mercedes-Benz	23.513	+4%
4	5	Ford	13.065	0%
5	4	Honda	12.163	-8%
6	6	Nissan	11.341	-1%
7	7	Audi	9.393	-1%
8	10	Tesla	5.876	+32%
9	8	Land Rover	5.534	+17%
10	9	Porsche	5.141	+16%

Tabla 26. Las diez marcas de vehículos más valiosas del mundo. *Fuente: Elaboración propia a partir del [Informe BrandZ](#).*

Con estos datos podríamos pensar que la producción y venta de vehículos de esta compañía es muy elevada, pero nada más lejos de la realidad. La producción de total de vehículos en 2016 en la fábrica de Tesla fue de 84.000 unidades. Cuando entren al mercado los modelos que están por comercializar, el Model S y Model Y, se espera una producción de más de 800.000 vehículos al año. Hay que tener en cuenta que a día de hoy, las ventas totales anuales de todos los modelos de vehículos eléctricos de batería no llegan a cifra, para darse cuenta de lo que supone ya y supondrá a corto plazo esta marca en el mundo de la automoción energéticamente eficiente. Llegado ese punto y vista la tendencia alcista de esta

compañía, ¿hasta dónde llegará? A juicio del que suscribe, no cabe duda de que copará la primera posición a medio plazo.

7.9.4. Red de SuperChargers

Como se ha mencionado actualmente, en nuestro país el número de puntos de carga rápida de Tesla aún es bastante escaso en comparación con otros países europeos, en las imágenes inferiores se puede ver claramente:



Ilustración 48. Mapa de súper cargadores Tesla en España. *Fuente: Testa Motors.*

Como se puede apreciar, a día de hoy resulta complicado desplazarse en un vehículo Tesla para un viaje de larga distancia salvo que cojas la ruta Barcelona-Granada. Esto es algo que no sucede en otros países como muestra la siguiente imagen:

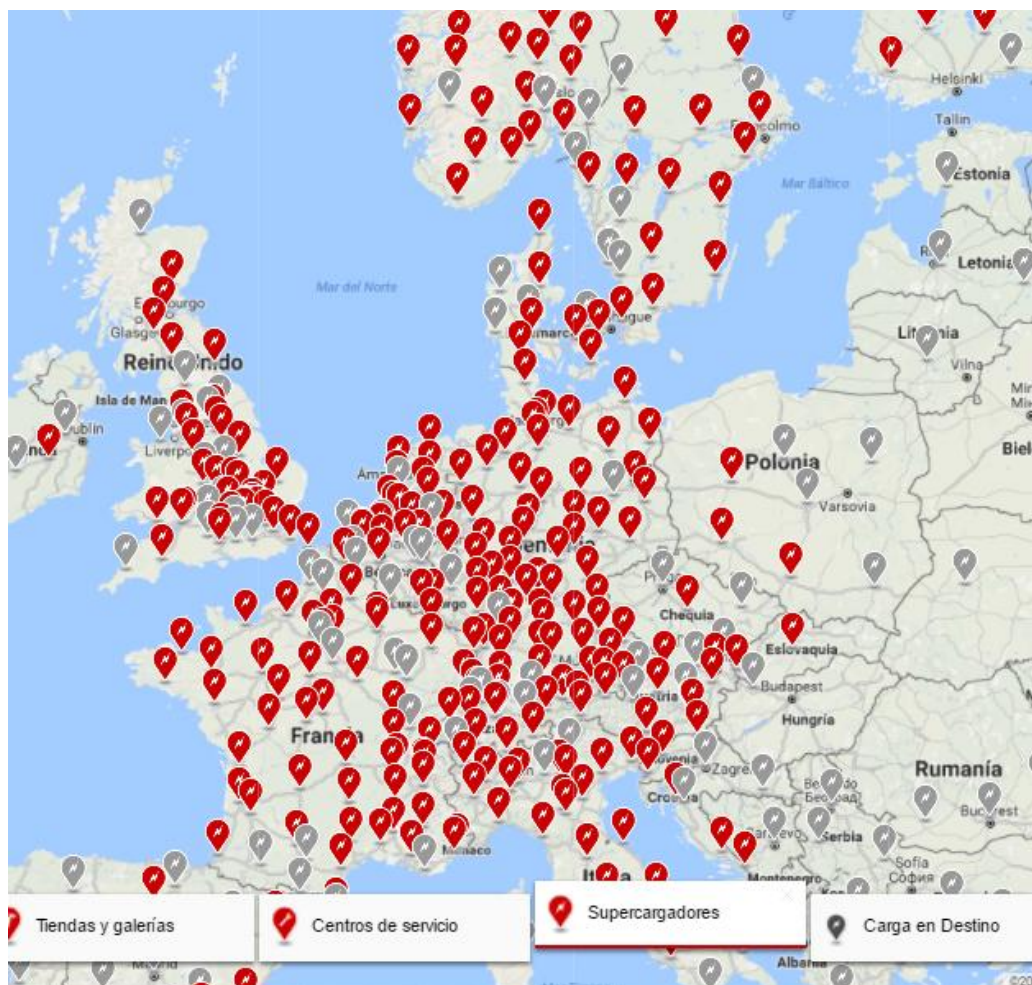


Ilustración 49. Mapa de súper cargadores Tesla en Europa. *Fuente: Testa Motors.*

Como vemos, la accesibilidad a este tipo de puntos de recarga a lo largo de la Europa más desarrollada es relativamente sencillo. Estos súper cargadores permiten llenar hasta un 80% la batería en apenas 30 minutos lo que da, según el modelo, 350-450 kilómetros de autonomía, permitiendo viajar a lo largo de Europa sin ningún problema. Muestra de ello es que el creador de contenido Saúl López, de la plataforma “Youtube” recorrió 2650 kilómetros desde Noruega hasta Barcelona⁹² sin problemas de accesibilidad a estos puntos de carga, algo que en nuestro país sería imposible a día de hoy si queremos hacer un viaje desde Andalucía hasta Galicia, por ejemplo. Por suerte, como se muestra en el mapa, hay muchos súper cargadores programados y esperemos que más pronto que tarde, toda la geografía peninsular esté copada de este tipo de puntos de carga que faciliten la movilidad eléctrica en nuestro país.

⁹² Usuario Tesla Model S [viaja de Noruega a Barcelona](#), visitado el 12 de junio de 2017.

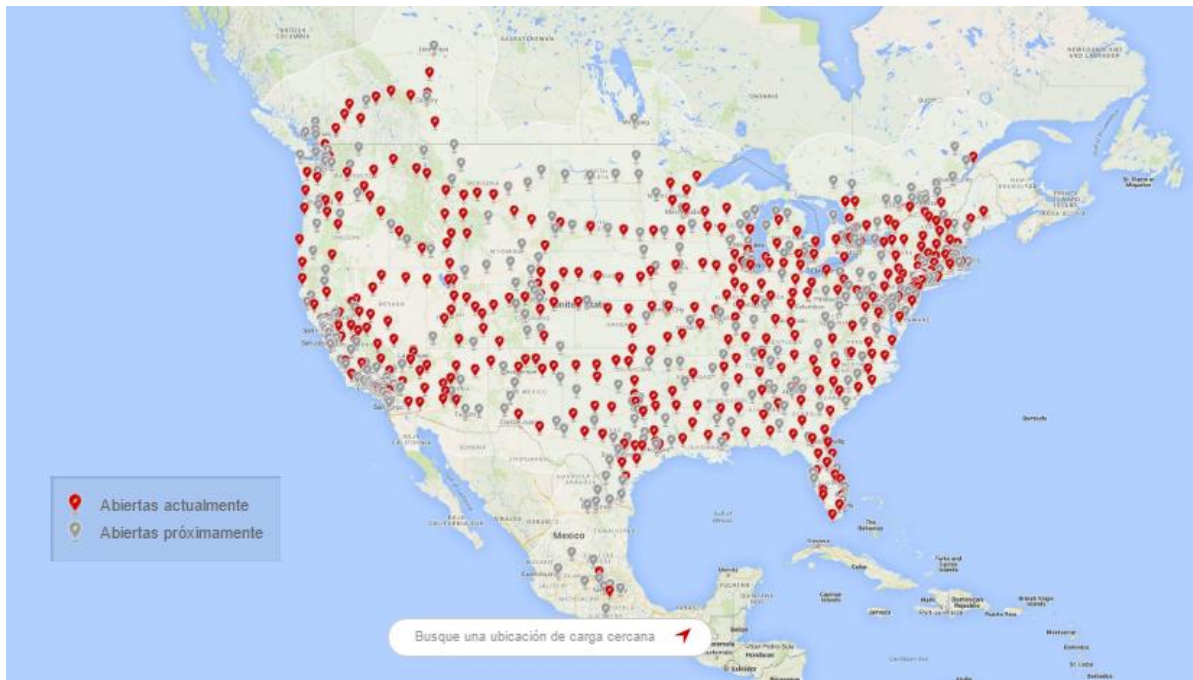


Ilustración 50. Mapa de súper cargadores Tesla en Estados Unidos. *Fuente: Testa Motors.*

En esta última imagen de los súper cargadores instalados en Estados Unidos en la actualidad, se aprecia la gran expansión que tiene allí la marca Tesla, y evidencia uno de los motivos por los que ya desde hace unos años su modelo más vendido, el Model S, es la berlina de lujo más vendida en ese país.

7.10. Otras marcas

Las empresas que se presentan a continuación se encuentran realizando vehículos que apenas son accesibles para el ciudadano medio debido a su alto coste y además resultan innecesarios para un uso habitual del vehículo en entornos urbanos, pero es cierto que gracias a su investigación se está avanzando a pasos agigantados en los últimos años junto al ya estudiado caso de Tesla, que debido a que ya lleva más tiempo en el mercado tiene una cuota del mismo mayor y la accesibilidad para el ciudadano medio a corto plazo, será más fácil que en los vehículos que se presentan a continuación.

Aún así, resulta útil verlos para eliminar completamente la idea equivocada que tiene la gente al escuchar hablar de vehículos eléctricos, puesto que la mayoría cree que son coches con poca autonomía, poca potencia y feos estéticamente, o los que están algo metidos en el mundo solo ven el progreso aislado de Tesla frente a la reticencia de otras marcas y gracias a las empresas que se muestran a continuación, se ve que tiene competidores potenciales a corto plazo y que veremos un gran avance de este medio de transporte en los próximos años.

7.10.1. Fisker Inc

Esta empresa tiene como joya de la corona el Fisker Emotion, que es un futuro vehículo eléctrico de lujo que será presentado en agosto de 2017 y pretende ser un duro rival ante el dominio de Tesla en el sector del vehículo eléctrico de batería. Esta empresa ha alcanzado un acuerdo con “The Hybrid Shop”, que es una empresa especializada en mantenimiento de vehículos eléctricos, la cual va a multiplicar por 8 sus centros en Estados Unidos en los dos próximos años, pasando de 36 a 300.

Este vehículo cuenta entre sus características con una autonomía de 640 kilómetros, conducción autónoma, mediante el sistema LiDAR y una carga rápida de solo nueve minutos en sus Ultrachargers. Para almacenar la energía en las baterías emplearán en el futuro una innovadora técnica de almacenamiento que se basa en baterías de grafeno, material que va a revolucionar el mercado del vehículo eléctrico en poco tiempo. Las primeras unidades tendrán una batería de NMC (níquel, manganeso y cobalto). El precio de este vehículo aún se desconoce, puesto que se desvelará en la presentación oficial, pero se estima que rondará los 130.000 dólares. Como esto no es apto para todos los bolsillos, fabricarán otro vehículo más económico para rivalizar con el Tesla Model 3, el cual empezará a comercializarse por 35.000 dólares.⁹³ Las primeras imágenes del Fisker se han publicado recientemente, el 9 de Junio de 2017:

⁹³ [El Economista](#), visitado el 11 de junio de 2017.

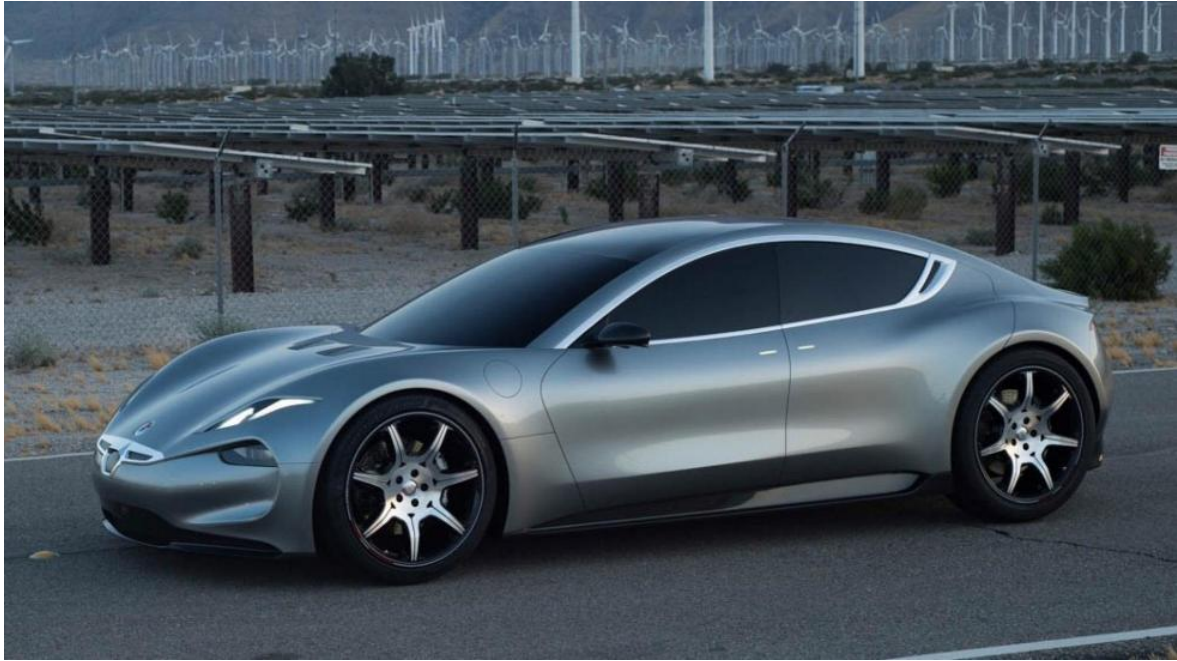


Ilustración 51. Fisker Emotion. *Fuente: Fisker Inc.*

7.10.2. Lucid Motors

Esta empresa presentó el 15 de diciembre de 2016 su primer modelo, el Lucid Air, un vehículo eléctrico de batería de lujo. Se empezará a comercializar a partir del año que viene, 2018, y cuenta con unas características asombrosas, entre las que destacan una velocidad máxima de 350 km/h, 1000 CV de potencia, dos motores (uno trasero y otro delantero) y almacenamiento de la energía eléctrica mediante baterías de tipo Li-Ion de entre 100 y 130 kWh. Tiene una aceleración de 0 a 100 en 2,5 segundos y una autonomía de 644 kilómetros en su versión de 130kWh, por lo que con estas especificaciones puede hacer frente a cualquier vehículo de combustión interna de similares características. El precio de salida será aproximadamente de unos 48.500€ sin IVA en su versión más básica, por lo que supondrá un rival potencial a todos los vehículos tradicionales cuando llegue a Europa. Estéticamente es una maravilla como se aprecia en la imagen inferior:



Ilustración 52. Lucid Air. *Fuente: Lucid Motors*

7.10.3. Faraday

Esta marca tiene como modelo principal el Faraday Future (FF91), un vehículo eléctrico de lujo y competición con unas características técnicas asombrosas que dejan en evidencia cualquier tipo de defecto que se le quiera poner a este tipo de vehículos. Potencia de 1050 CV, baterías de 130kWh y gracias a ellas se consigue una autonomía récord de 608km según el ciclo EPA (véase el apartado de los ciclos de homologación de consumo). Se empezará a producir a comienzos del próximo año y llegará al mercado en 2019. El precio aproximado no es apto para casi ningún bolsillo, mucho más caro que los modelos anteriores, puesto que superará los 200.000 dólares. A pesar de ello en enero de este año ya tenía más de 64.000 reservas en todo el mundo. Su gran potencia se demuestra en la gran aceleración que tiene, ya que consigue llegar a 100km/h en apenas 2.38 segundos y alcanza un par motor de 1.800 Nm. Consta de cuatro motores eléctricos, uno en cada rueda.⁹⁴

⁹⁴ [Híbridos y eléctricos](#), visitado el 11 de junio de 2017.

7.10.4. Porsche

La archiconocida marca de vehículos de combustión interna comenzará a vender su modelo eléctrico “Porsche Mission E” a partir de 2020, habiéndose presentado ya su prototipo hace dos años en el Salón de Frankfurt de 2015. La producción estimada será de 20.000 unidades al año y se espera que sus especificaciones sean las siguientes: 600CV de potencia, 500 kilómetros de autonomía, consiguiendo una recarga del 80% en sus baterías en los primeros 15 minutos, es decir, que con tan solo 15 minutos de carga podremos recorrer 400 kilómetros, con un cargador especial de 150kW y 800V.⁹⁵

7.11. Conclusión vehículo eléctrico

A día de hoy el vehículo eléctrico debe entenderse como una alternativa mejor a los vehículos que dominan el panorama actual, los de combustión interna. Como se ha demostrado, es mucho más eficiente energéticamente que el coche de combustión interna y a largo plazo, aunque haya que realizar un desembolso inicial mayor, también merece la pena económicamente. En los casos de vehículos Tesla las prestaciones y autonomía son suficientes para cualquier usuario, por algo el Tesla Model S es la berlina de lujo más vendida en Estados Unidos cuando ese sector de la población podría elegir cualquier otro vehículo de combustión interna.

Por otro lado, es evidente que hay muchas cosas que mejorar porque no deja de ser una tecnología incipiente que aún no ha desplegado del todo pero como hemos analizado, no tardará mucho en hacerlo. Esto trae como consecuencia que haya muchas marcas de vehículos tradicionales que están desarrollando vehículos eléctricos de batería y a día de hoy no sea muy útiles por su baja autonomía. Es evidente que a las marcas que a día de hoy gozan de una posición privilegiada en el sector, no les interesa que el cambio a la movilidad eléctrica se adelante, puesto que parten con mucha desventaja ante Tesla que ya lleva más de 10 años de camino recorrido, por lo que no ponen excesivo empeño y muchos modelos de marcas tradicionales tienen autonomías completamente insuficientes para plantearse un uso más allá del urbano. Esto se debe a que deben progresar en el tema de la densidad

⁹⁵ [Autobild](#), visitado el 11 de junio de 2017.

energética de sus baterías y de esta manera consigan alcanzar a los modelos que se han expuesto con anterioridad y de esta forma ser una alternativa real al vehículo de combustión interna, porque es cierto que un coche con una autonomía de entre 100-200 kilómetros reales interesará a poca gente porque te limita mucho si haces un uso intensivo de la autovía, cosa que no ocurre con Tesla, que en apenas media hora tienes el 80% de la autonomía con el uso de los súper cargadores, que además son de fácil acceso gratuito e ilimitado. Y ahí surge otro problema, el mapa en España de este tipo de dispositivos aún es muy limitado, y esto hace que haya gente que quiera dar el paso pero le resulte imposible porque no dispone de instalaciones que carguen el vehículo de forma rápida o porque el trayecto que realiza a diario no está cubierto por estos dispositivos. Nuestro país va con retraso respecto a los líderes europeos en ese sentido pero estamos a tiempo de que se apliquen políticas ya mencionadas como en Noruega, donde el este tipo de vehículos están exentos de IVA y tienen una red de súper cargadores que hace que puedan desplazarse a cualquier punto del país sin problema. Si la empresa Tesla ve a España como un país decidido y que apuesta fuerte por el vehículo verde no durará en invertir más (solo vendió 55 vehículos en 2016 aquí), le hará ganar cuota de mercado con la consiguiente respuesta de los rivales invirtiendo y mejorando las prestaciones de sus alternativas energéticas para dar como lugar a un beneficio en términos de salud a la sociedad.

8. PILA DE COMBUSTIBLE

Al igual que en el apartado de “vehículo eléctrico”, he adoptado como fuente de información un informe elaborado por la Agencia Internacional de la Energía que es específico sobre vehículos de pila de hidrógeno. El citado informe se denomina “Technology Roadmap” y el más actual a día de hoy es el que publicaron en 2015.

Como ocurría en el apartado anterior, algunos gráficos pueden contener terminología anglosajona, por lo que se adjunta una traducción de las palabras más recurrentes:

- FCEV: “Fuel cell electric vehicle”, en español, vehículo eléctrico de pila de combustible.
- ICE: “Internal combustion engine”, es decir, vehículo combustión interna.

8.1. Introducción

La pila de combustible es una pila galvánica en la que hay una conversión de energía química del combustible hacia energía eléctrica a través de un proceso electroquímico. El combustible y oxidante se proporcionan constantemente y de forma aislada el uno del otro. Los vehículos de pila de hidrógeno, son muy parecidos a nivel tecnológico a los vehículos eléctricos, puesto que la energía viene de la reacción del hidrógeno con el oxígeno en la celda de combustible.

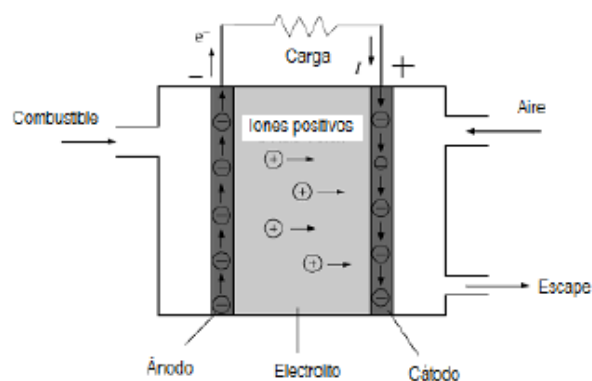


Ilustración 53. Pila de combustible. Fuente: Fundación de la energía de la Comunidad de Madrid

Es una fuente de energía muy limpia, ya que el único desecho que se produce es agua destilada. El inconveniente estriba en que el hidrógeno no está en la naturaleza en estado puro, por lo que debe obtenerse mediante otras fuentes: aire, agua (electrolisis) o hidrocarburos (proceso de reformado). Las pilas de combustible tienen un funcionamiento similar al de las baterías, con la diferencia de que no se agotan ni requieren recargas, sino que producen la electricidad o calor necesarios una vez le ha sido suministrado el combustible que requieran. Estas fuentes de energía tienen dos eléctricos: positivo – cátodo – y negativo – ánodo –, los cuales se encuentran intercalados en un electrolito, de modo que el hidrógeno realiza la función de combustible alimentando al ánodo, siendo el aire el que realiza lo mismo para el cátodo. El hidrógeno es activado por un catalizador y procede a la separación en protones y neutrones, los cuales siguen caminos diferentes hacia el cátodo. Los electrones atraviesan un circuito externo que genera un flujo eléctrico, mientras que los protones migran a través del electrolito hasta el cátodo, donde se encuentran con el oxígeno y los electrones, dando lugar a agua y calor.

Aunque en un principio las pilas de combustible están diseñadas para la producción de energía eléctrica, también pueden producir calor, fenómeno conocido como cogeneración. Con ese calor se pueden cubrir las necesidades individuales en viviendas o edificios además de la producción de agua caliente sanitaria (ACS), de ahí radica el gran interés de las mismas. Para más inri, consigue eficiencias de hasta el 90%, con el consiguiente ahorro tanto en luz, combustible y emisiones de gases contaminantes.

Las pilas de combustible regenerativas producen electricidad del hidrógeno y el oxígeno, pero pueden revertirse de manera que si se le alimenta mediante electricidad se consigue producir hidrógeno y oxígeno. Esto supone una tecnología innovadora que puede dar lugar a nuevas formas de almacenamiento de los excesos de energía procedentes de fuentes intermitentes (solar, eólica) para que en los momentos de producciones menores se pueda dar uso a la energía almacenada.

8.2. Clasificación pilas de combustible

PILAS	PEM	MDFC	AFC	PAFC	MCFC	SOFC
Nombre	Pila de membrana de intercambio protónico	Pila de metanol directo	Pila alcalina	Pila de ácido fosfórico	Pila de carbonatos fundidos	Pila de óxidos sólidos
Carga	H ⁺	H ⁺	OH ⁻	H ⁺	CO ₃ ²⁻	O ²⁻
Temperatura	50-120°C	50-100°C	90-100°C	150-200°C	600-700°C	700-1.000°C
Eficiencia	60%	40%	60-70%	40%	45-50%	60%
Electrolito	Membrana de polímeros	Membrana de polímeros	KOH disuelto en agua	Ácido fosfórico	Carbonatos fundidos	Óxidos sólidos
Combustible	H ₂	Metanol	H ₂	H ₂	H ₂ , CH ₄ , CO ₂	H ₂ , CH ₄ , CO ₂
Usos	Transporte portátiles residencial	Portátiles	Espaciales	Generación eléctrica distribuida. Automoción.	Generación eléctrica	Generación eléctrica, cogeneración

Tabla 27. Clasificación pilas combustible. *Fuente: Elaboración propia a partir de Energías Renovables.*

A continuación se detallan los distintos tipos de pilas de combustibles tabulados⁹⁶:

- Pila de Membrana de Intercambio protónico: Emplean un polímero de membrana como electrolito. Funcionan a temperaturas relativamente bajas y con ellas es posible cambiar rápidamente la producción para satisfacer la demanda energética, por lo que son las más adecuadas para la alimentación de los vehículos, aunque también pueden ser utilizadas en estaciones de producción de energía.

⁹⁶ [Clasificación pilas de combustible](#), visitado el 13 de junio de 2016.

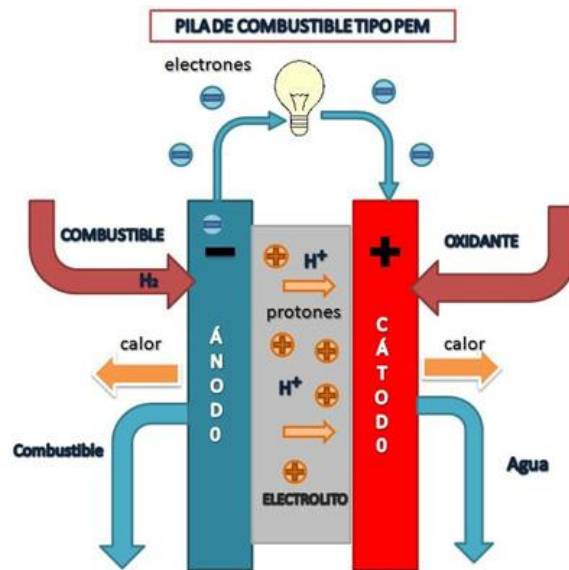


Ilustración 54. Pila de Membrana de Intercambio protónico (PEM): *Fuente: Energías Renovables Info.*

- Pila de Metanol Directo: Es similar a una pila PEM en lo que respecta al polímero de membrana, con la particularidad de que emplean metanol sobre el ánodo, eliminando la necesidad de que el combustible tenga que pasar por un reformador. Las aplicaciones más interesantes son dispositivos como portátiles o cargadores de batería.

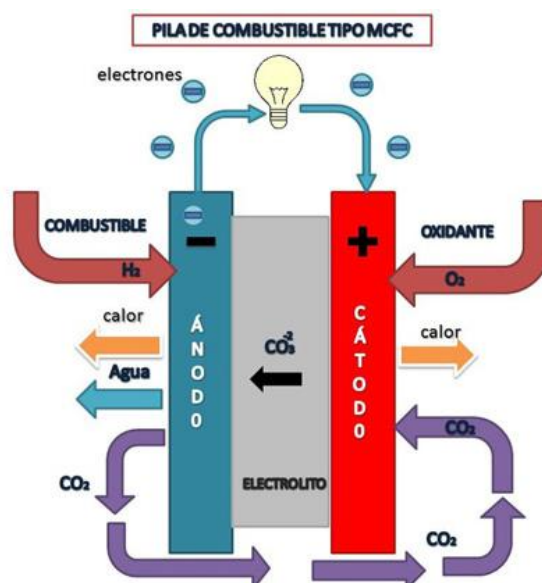


Ilustración 55. Pila de Metanol Directo (MCFC): *Fuente: Energías Renovables Info.*

- Pila de combustible Alcalina: Emplean un electrolito alcalino como hidróxido de potasio o una membrana alcalina. Pueden emplearse como fuentes de energía portátil.

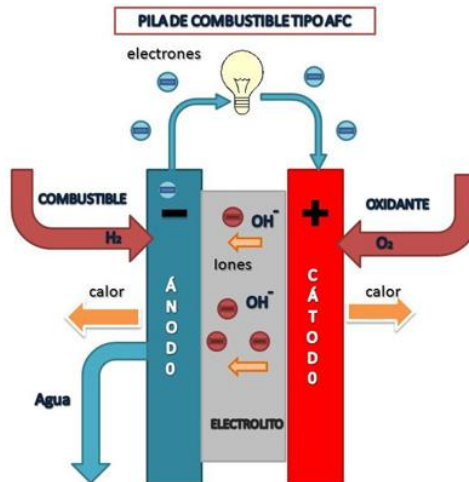


Ilustración 56. Pila de combustible Alcalina (AFC). Fuente: *Energías Renovables Info*.

- Pila de Ácido Fosfórico: El electrolito en estas pilas es el ácido fosfórico que se encuentra en el interior de una matriz porosa. Funcionan a una temperatura aproximada de $200^{\circ}C$ y se emplean para producir potencias de 400kW (estaciones de producción de energía para hospitales, cámaras frigoríficas, hoteles, oficinas, etc) donde el calor residual puede ser aprovechado para la calefacción por efecto de la cogeneración.

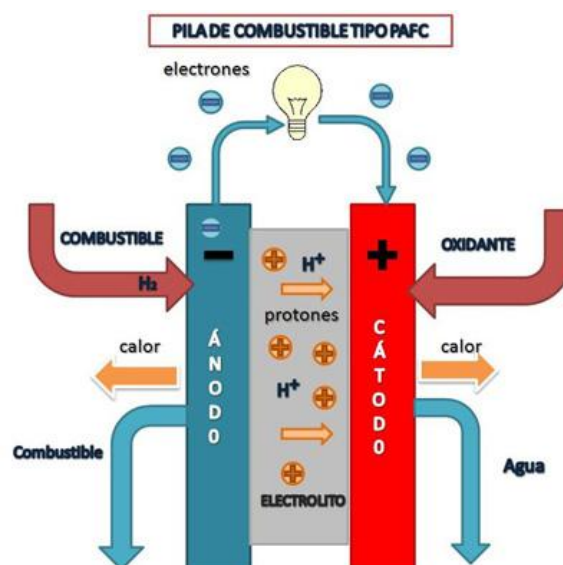


Ilustración 57. Pila de Ácido Fosfórico (PAFC). Fuente: *Energías Renovables Info*

- Pila de carbonato fundido: El electrolito empleado es una sal de carbonato fundido que se encuentra inmovilizada en una matriz porosa. Se emplean en instalaciones intermedias y grandes de producción de energía, ya que su gran eficiencia permite lograr un gran ahorro de energía a la red. Su temperatura de funcionamiento es muy elevada, en torno a los 600°C.

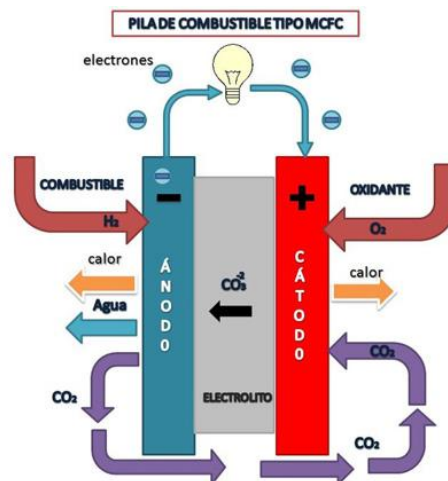


Ilustración 58. Pila de carbonato fundido (MCFC). Fuente: Energías Renovables Info

- Pila de óxido sólido: Usan una capa cerámica como electrolito sólido. Han sido desarrolladas para dar energía en instalaciones y dispositivos de energía auxiliar. Funcionan en un rango de temperaturas en torno a los 700-1.000°C.

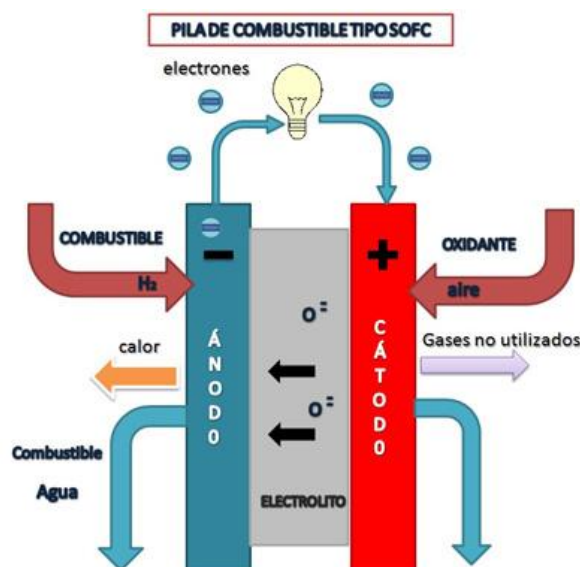


Ilustración 59. Pila de óxido sólido (SOFC). Fuente: Energías Renovables Info

8.3. Ventajas e inconvenientes

Ventajas:

1. Eficiencia superior al 60%, frente al 35% de los combustibles tradicionales. En pilas que funcionan a temperaturas elevadas eficiencias de hasta el 90%.
2. No emiten dióxido de carbono, ya que solo parten de hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2).
3. Mantenimiento sencillo al no disponer de partes móviles.
4. Autonomía hasta 500km.
5. Pueden emplear combustibles renovables.
6. Poco ruido y conducción cómoda.
7. El hidrógeno se puede obtener del agua.
8. No necesitan recargar las pilas, únicamente combustible.
9. Amplia variedad de tamaño en las baterías, existen desde baterías para móviles hasta para producción de energía eléctrica en centrales.
10. Hay pilas reversibles que almacenan energía que sobra en forma de H_2 y que posteriormente puede emplearse en otra tipología de pilas de combustible.
11. El hidrógeno es el combustible por unidad de masa con más energía.

Inconvenientes:

1. Elevado coste del motor, pues es siete veces mayor a uno convencional. El motivo es el empleo de materiales costosos, como por ejemplo el platino.
2. Se produce contaminación durante la producción de hidrógeno.
3. Vida útil reducida, en especial las que operan a temperaturas elevadas.
4. Escasa disponibilidad de hidrógeno, además de que su industria es reducida.
5. Problemas a bajas temperaturas.
6. De los peores combustibles por unidad de volumen, dificulta almacenamiento.

8.4. Balance de emisiones CO₂

Llegados a este punto, de nuevo tenemos que tener en cuenta el ciclo Well to Wheel o del pozo a la rueda. Si queremos que la pila de combustible sea tan eficiente como el vehículo eléctrico de batería y no tenga emisiones en la segunda parte de este ciclo (del tanque a la rueda), debemos emplear como combustible hidrógeno puro. Si además, tampoco queremos que haya emisiones durante el ciclo Well to Tank, al igual que se comentó en el apartado del VE, es necesario que el origen del hidrógeno provenga únicamente de fuentes de energía renovables. El problema de esto último es que a día de hoy no parece más que una quimera, puesto que según estimaciones en torno al 90% de la producción de hidrógeno proviene de combustibles fósiles, por lo que se está pagando un elevado precio para llevar el combustible al tanque. Por tanto, si se quiere hacer uso de esta tecnología para conseguir reducir las emisiones se hace obligatorio recurrir a energías renovables, puesto que con la gran cantidad de electricidad que requiere realizar la electrólisis, si toda la energía proviene de combustibles fósiles al final obtenemos como resultado mayor contaminación de la que inicialmente queremos evitar.

La Agencia Internacional de la Energía, a través de su [Informe Technology Roadmap](#) elaboró un gráfico con las emisiones de distintos combustibles a lo largo de todo el ciclo Well to Wheel y la previsión de las mismas hasta 2050.

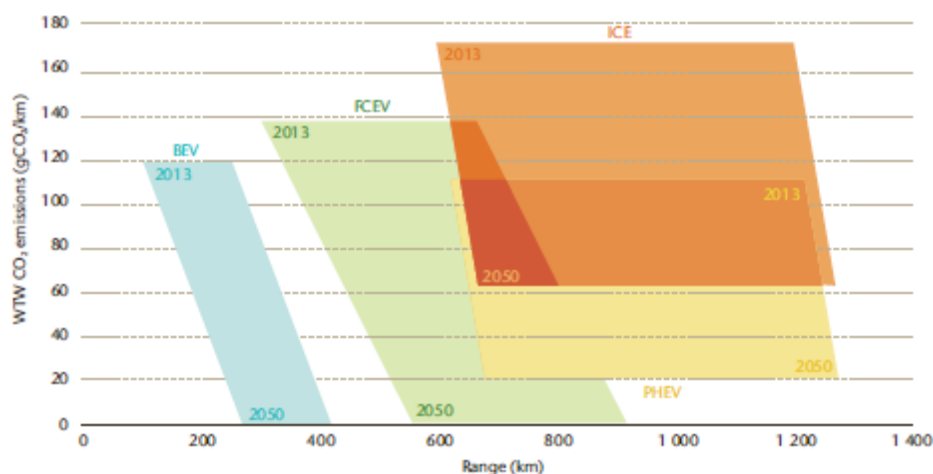


Ilustración 60. Ciclo Well to Wheel de emisiones de distintas alternativas energéticas. Fuente: [Informe Technology Roadmap](#), p.14.

Según la imagen extraída del citado informe, en la actualidad las emisiones de CO₂ en los vehículos de pila de combustible son mayores a las de los vehículos eléctricos de batería, pero inferiores a los motores de combustión interna. Aún así, para 2050 se estima que con el avance de las renovables estos combustibles alternativos sean plenamente eficientes con el medio ambiente, ya que serán de cero emisiones en el ciclo Well to Wheel al completo.

En esta alternativa energética no es posible realizar un análisis fidedigno de aplicación real en materia de emisiones como los realizados en el VE o el del gas licuado de petróleo, debido a que como se verá en próximos epígrafes, es una tecnología aún muy verde en varios aspectos, accesibilidad a estaciones de servicio y sobre todo, venta de vehículos a particulares. De hecho, consultando en la [base de datos del IDAE](#), no aparece ningún vehículo de pila de combustible. Tampoco se podrá realizar el estudio de viabilidad económica objetivo por los mismos motivos, con la dificultad añadida de que en España el programa de ayudas a la movilidad alternativa no contempla este tipo de combustible, por lo que la rentabilidad frente a los carburantes tradicionales se complica (en EEUU sí que existen incentivos que rondan los 5.000-8.000 dólares). El vehículo de pila de combustible más desarrollado en el mundo, el Toyota Mirai apenas se comercializa en Japón y en EEUU desde hace poco, por lo que se debe dejar un cierto margen de tiempo para que esta tecnología madure antes de sacar conclusiones poco ajustadas a la realidad.

8.5. Estaciones de recarga de hidrógeno

Que haya un buen abanico de posibilidades a la hora de repostar el vehículo es fundamental para que los futuros compradores de un vehículo propulsado por combustibles alternativos se lancen a adquirirlos. Sin duda, como muestra la tabla extraída del informe de la AIE, este es uno de los puntos flacos de la pila de combustible:

País		Estaciones planificadas	
		2015	2020
Europa	36	80	430
Japón	21	100	+100
Corea del sur	13	43	200
Estados Unidos	9	+50	+100

Tabla 28. Número de estaciones de recarga de hidrógeno y plan previsto hasta 2020. *Fuente:* Elaboración propia a partir del [informe Technology Roadmap](#) p.17

A día de hoy la tecnología de pila de hidrógeno no está tan implantada como el vehículo eléctrico como muestra la tabla superior, pero es evidente que aún ninguna marca ha apostado tan fuerte como el caso de Tesla en los vehículos eléctricos y no ha conseguido abrir el mercado para que otros competidores apuesten y las innovaciones avancen mucho más rápido, por lo que es de esperar que a medio plazo conforme aumente la concienciación ambiental esta alternativa energética gane adeptos y de la misma manera la accesibilidad a estaciones lo haga en una forma proporcional.



Ilustración 61. Ejemplo de surtidor de pila de combustible. *Fuente:* Ecocarblog.

Como se muestra en la imagen, tiene el inconveniente de que necesita una estación especial de producción de hidrógeno, lo que hace que la accesibilidad a las mismas sea prácticamente nula a día de hoy en toda Europa, lo que indica que estamos ante una tecnología aún muy verde y con una necesidad de inversión financiera muy elevada tanto de las marcas como de los gobiernos para suba con fuerza y sea un competidor real de otros combustibles analizados como el gas licuado de petróleo o el vehículo eléctrico.

A pesar de ello, la Agencia Internacional de la Energía es optimista respecto a este tema, pues indica que en la actualidad nos encontramos en un período inicial que denomina “valle de la muerte”, el cual tiene una duración estimada de 10-15 años y hasta que no salgamos del mismo, no se van a poder expandir de forma exponencial este tipo de instalaciones y por ende la accesibilidad a las mismas. Se adjunta gráfico del ciclo cash flow realizado por la AIE en relación con lo mencionado, en la que se puede apreciar que aún quedan reducir los costes de inversión, gastos operativos, mejora del empleo de las mismas y ayudas públicas.

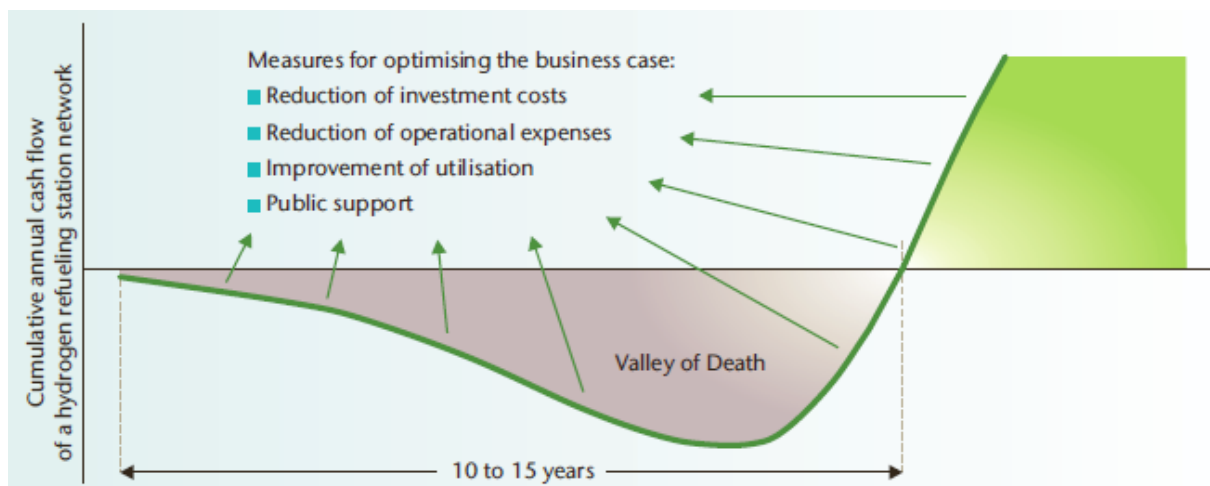


Ilustración 62. Ciclo cash flow de las estaciones de hidrógeno. Fuente: [Informe Technology Roadmap](#) p.17

Respecto al desarrollo futuro esperado en las pilas de combustible, la AIE también ha elaborado gráficos con previsiones de densidad energética en función de la tipología de pila analizada:

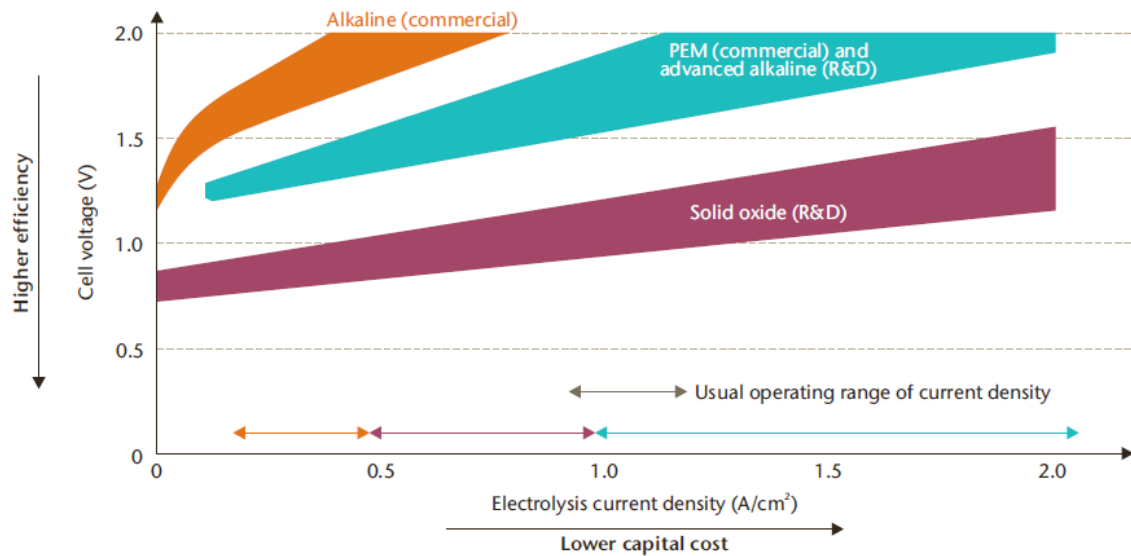


Ilustración 63. Representación esquemática del potencial de desarrollo de diferentes tipos de pilas de combustible. Fuente: [Informe Technology Roadmap](#) p.17

8.6. Experiencias reales

En la actualidad ya hay varias multinacionales que han diseñado prototipos e incluso comercializado vehículos de pila de combustible. Algunos ejemplos se muestran a continuación:

8.6.1. Toyota

Toyota tiene como principal vehículo de pila de hidrógeno el Toyota Mirai, un coche que tiene un precio en Estados Unidos de 57.500€ sin descontar los incentivos fiscales que tienen estos turismos. Como principal característica hay que destacar que es cero emisiones fruto de la generación de hidrógeno y oxígeno. Su autonomía, según la EPA, es de 502 kilómetros y un consumo de 67MPGe. El tiempo de recarga es menor que en un vehículo eléctrico, ya que tarda únicamente 5 minutos. Además, esta compañía regala el combustible de los tres primeros años del vehículo, con 8 años o 100.000 millas de garantía en componentes de la pila de combustible. El inconveniente es que a día de hoy solo se encuentra a la venta en Estados Unidos.



Ilustración 64. Toyota Mirai. Fuente: www.toyota.es

8.6.2. Volkswagen

La marca alemana sacó unidades de investigación de pila de combustible a finales de 2014. Contaban con un motor eléctrico de 100kw de potencia, equivalente a 136 CV, 4 tanques de hidrógeno que almacenaban el gas a 700 bares y se podían llenar en solo 3 minutos, dando lugar a una autonomía total de aproximadamente 500km. A pesar de que han pasado más de 2 años y medio de estos primeros prototipos, aún no está a la venta el modelo, por lo que parece que esta marca ha reculado en su apuesta por desarrollar vehículos con combustibles alternativos (a día de hoy solo cuenta con 2 vehículos eléctricos de batería, muy por debajo de la mayoría de rivales).



Ilustración 65. Volkswagen Passat HYmotion. Fuente: www.volkswagen.es

8.6.3. Honda

El Honda Clarity Fuel Cell 2016 es un turismo que obtiene la energía de dos fuentes. La principal, de una pila de hidrógeno y otra pequeña parte de una batería de litio. Según el ciclo de homologación japonés JC08, que es distinto al NEDC europeo y al EPA americano que hemos visto hasta ahora, la autonomía de este coche es de 700 kilómetros.



Ilustración 66. Honda Clarity Fuel Cell. Fuente: www.honda.es

8.7. Perspectivas de futuro

La Agencia Internacional de la Energía espera que el hidrógeno sea un combustible fundamental en el futuro en nuestro día a día, como se desprende del [Informe Technology RoadMap](#).

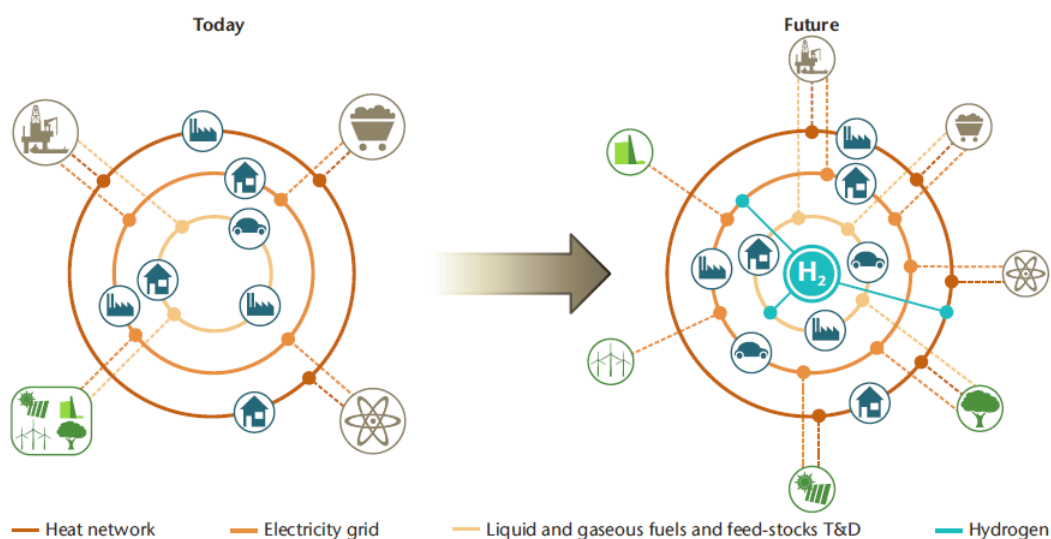


Ilustración 67. El hidrógeno sirve como conexión de distintos sectores energéticos estratégicos. Fuente: [Informe Technology RoadMap](#), p.10.

Esto implicará en el futuro una notable reducción de emisiones GEI, ya que como se ha visto anteriormente es una energía sin contaminación localizada.

En lo que respecta a flotas de vehículos propulsados por hidrógeno, la AIE espera un incremento sobresaliente de cara a 2020, como se muestra en la tabla inferior obtenida del citado documento:

País o región	Planes previstos	
	2015	2020
Europa	5.000	350.000
Japón	1.000	100.000
Corea	5.000	50.000
EEUU	300	20.000

Tabla 29. Previsión de vehículos propulsados por hidrógeno en flotas de transporte hasta 2020.
Fuente: [Informe Technology RoadMap](#) p.13

8.8. Conclusiones pila de combustible

Como se ha analizado a lo largo de este apartado, la pila de combustible es un método de almacenamiento de energía muy interesante con multitud de aplicaciones reales, desde todo tipo de dispositivos electrónicos hasta elementos de grandes dimensiones como son las centrales.

En cuanto a la aplicación que nos interesa, que es el transporte, se puede concluir que es una tecnología demasiado verde. La mayoría de marcas importantes de automóviles se han olvidado debido a la gran proliferación en los últimos tiempos del vehículo eléctrico o de la posibilidad del gas licuado de petróleo, ambas

alternativas con accesibilidad de puntos de recarga mucho más elevada. No es su único inconveniente, su eficiencia energética es menor que la de un coche eléctrico, aunque en lo que respecta a tiempo de recarga y autonomía supera a la mayoría de oferta del mercado de VE.

En materia de emisiones tiene parte buena y mala, ya que en función de la sostenibilidad medioambiental del ciclo Well to Tank dependerá que sea interesante decantarnos por esta tecnología en el futuro, pero haciendo uso de las estimaciones de la Agencia Internacional de la Energía, con el desarrollo esperado de las renovables se conseguirá el objetivo ideal: cero emisiones en un ciclo completo del pozo al tanque.

Teniendo en cuenta todo lo mencionado, a juicio del que suscribe las marcas no intentan avanzar en este tipo de combustible por varios motivos: En primer lugar el desconocimiento de la gran mayoría de la población de este tipo de tecnología, que hace que no haya una demanda interesante para que se arriesguen a invertir como sí que lo están haciendo, por ejemplo, en el caso del vehículo eléctrico. Y otro motivo puede ser precisamente relacionado con esto último, puesto que las marcas que actualmente dominan el panorama en un contexto de motores de combustión interna tienen poco interés en que esto cambie, y salvo que surja con fuerza una marca del estilo de Tesla que les ponga las pilas, parece poco probable que se molesten en abrir un nuevo mercado que les puede hacer perder tiempo, dinero y cuota en caso de que se animen a la inversión otras marcas y tengan la destreza de desarrollar mejor los vehículos con este tipo de combustible.

9. GAS LICUADO DE PETRÓLEO

9.1. Introducción

El gas licuado de petróleo – GLP en modo abreviado – se emplea como combustible en vehículos con motores de combustión interna de gasolina, por lo que, a diferencia del vehículo eléctrico, sí emite durante el ciclo Tank to Wheel o del tanque a la rueda (CO_2 y vapor de agua). Es una mezcla de gases de propano y butano disueltos en petróleo y se obtienen durante el refinado de este. Aunque en condiciones normales está en forma de gas, es fácil licuarlo sometiéndolo a temperaturas próximas a 40 grados centígrados bajo cero o a unos 10 bares de presión (esto último facilita su almacenamiento).

Los vehículos que tienen como combustible la gasolina pueden transformarse a gas licuado de petróleo, reduciendo las emisiones y beneficiándose de un menor coste del combustible en los surtidores. La conversión desde automóviles diesel no es posible ya que el autogás requiere de una chispa para funcionar, no explota por compresión como el gasóleo. En términos de potencia y rendimiento el GLP es similar a la gasolina en vehículos comunes, de hecho los motores que disponen de turbo se pueden convertir sin problemas. Según ciertas experiencias conduciendo coches deportivos o de competición sí que se nota cierta pérdida respecto al motor original de gasolina. Respecto a la autonomía, esta es cuatro veces mayor que el Gas Natural Comprimido (GNC), además de que un vehículo GLP dispone de dos depósitos, uno de gas y otro de gasolina, y cuando se agota el primero el motor cambia automáticamente – o pulsando un botón cuando avise un piloto de la pantalla –, por lo que la autonomía global del coche se ve muy incrementada.

A día de hoy el GLP es el combustible alternativo más empleado en todo el mundo, con 25 millones de vehículos en todo el mundo, de los cuales 15 circulan en Europa. Países como Italia tienen un nivel de desarrollo mucho mayor que nosotros,

ya que allí hay en circulación dos millones y medio de automóviles con esta tecnología, frente los apenas 50.000 de España.⁹⁷

Si resulta de interés para el lector todo lo relacionado con el GLP en España, se adjunta una [estadística actualizada de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia](#) del 15 de junio de 2017. La hoja Excel adjunta detalla todo lo relativo a consumo, importación y exportación de este combustible desde 2003 hasta nuestros días con gráficos y tablas detallados por fechas y provincias individualizadas.

Para completar la introducción, se añade un esquema de un Dacia Sandero GLP, que será el vehículo empleado para realizar tanto el balance de emisiones de CO₂ como el estudio de viabilidad económico respecto a los combustibles tradicionales.

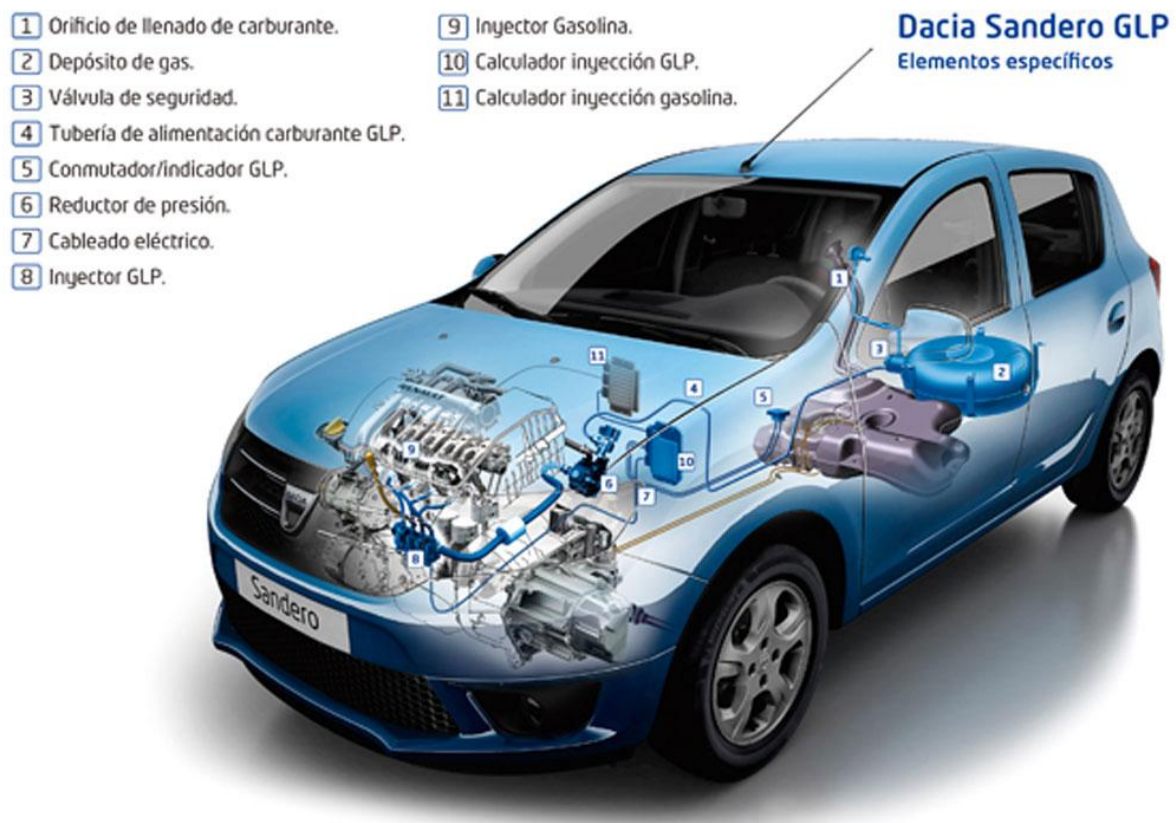


Ilustración 68. Elementos de un vehículo propulsado con GLP. Fuente: www.dacia.es

⁹⁷ [Entrevista](#) al presidente del Clúster del Autogás, visitado el 18 de junio de 2017.

9.2. Ventajas e inconvenientes

Ventajas:

1. Emisiones de CO₂ menores que las de la gasolina (entre 10-15% según modelos).
2. Reduce PM y NO_x. 96% de reducción de frente al diesel y 68% respecto gasolina. Además emite 99% menos de partículas contaminantes que el gasóleo.
3. Económica: Precio combustible casi al 50% respecto a la gasolina. Por poner un ejemplo, el precio actual es el que tenía la gasolina hace casi 30 años (1988).
4. No se pierde potencia respecto a la gasolina.
5. Es muy accesible, puesto que se trata de una tecnología madura.
6. Aceptable cantidad de oferta de vehículos GLP en el mercado.
7. No emite partículas (en inglés, particulate matter) como el diesel.
8. Nivel de ruido inferior respecto al diesel (50% menos).
9. Repostaje sencillo, como el de gasolina o diesel, en una estación de servicio.
10. Menor desgaste del motor.
11. En caso de realizar una conversión desde un motor de gasolina se gana autonomía si se decide emplear tanto el depósito de gasolina como el de GLP. En depósito de 100 l de gasolina caben aproximadamente 107 de GLP
12. Reducción de averías.
13. En la actualidad dispone de ayudas gubernamentales para su compra.

Inconvenientes:

1. No está desarrollado en motores diesel.
2. No deja de estar ligado al petróleo (40% producción en refinerías) aunque puede proceder de pozos de gas natural (60% producción de yacimientos).
3. No reduce las emisiones de CO₂ respecto a los diesel de última generación.
4. En España de momento los surtidores son algo escasos y limitados a zonas urbanas.
5. Necesita emplear la gasolina para arrancar el motor y usarla un tiempo mínimo hasta que el GLP alcanza cierta temperatura.

9.3. Balance de emisiones CO₂

En este punto y el siguiente de viabilidad financiera, se van a realizar comparaciones de tres vehículos semejantes (Dacia Sandero) pero en sus tres versiones comerciales, la de gasolina, gasoil y de gas licuado de petróleo, para ver qué alternativa es la mejor en materia medioambiental y para el bolsillo del comprador final. Para realizar los cálculos tanto de emisiones como de viabilidad financiera se supondrá una vida útil de los vehículos de 10 años a razón de 15.000km anuales de uso. Los datos de emisiones y consumo se obtienen de la página oficial del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

	Dacia GLP	Dacia Gasolina	Dacia Gasoil
Consumo (litros)	6,2	4,9	3,5
Emisión combustible (g CO ₂ /km)	98	109	90
Emisión cada 100 km (kg CO ₂)	9,8	10,9	9

Tabla 30. Ficha técnica para el balance de emisiones de los vehículos estudiados. *Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.*

Emisiones totales por vehículo				
Año	Kilómetros recorridos	Dacia GLP	Dacia Gasolina	Dacia Gasoil
1	15.000 km	1470 kg	1635 kg	1350 kg
2	30.000 km	2940 kg	3270 kg	2700 kg
3	45.000 km	4410 kg	4905 kg	4050 kg
4	60.000 km	5880 kg	6540 kg	5400 kg
5	75.000 km	7350 kg	8175 kg	6750 kg
6	90.000 km	8820 kg	9810 kg	8100 kg
7	105.000 km	10290 kg	11445 kg	9450 kg
8	120.000 km	11760 kg	13080 kg	10800 kg
9	135.000 km	13230 kg	14715 kg	12150 kg
10	150.000 km	14700 kg	16350 kg	13500 kg
Diferencia emisiones		1200 kg	2850 kg	

Tabla 31. Diferencia emisiones entre Dacia GLP, gasolina y diesel. *Fuente: Elaboración propia.*

El Dacia GLP, a pesar de consumir más que el de gasolina, tiene unas emisiones de carburante menores. La diferencia es un 11,22%. No ocurre lo mismo al realizar la comparación con el diesel, puesto que con los avances en reducción de

emisiones de CO₂ en este combustible hacen que a pesar de que el GLP es una alternativa verde emita más kg de gases efecto invernadero al ambiente.

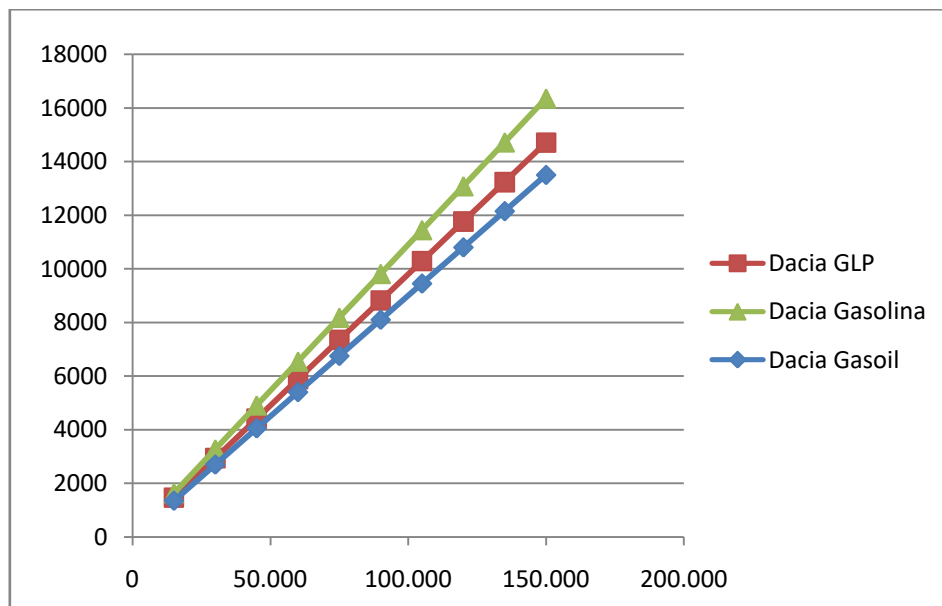


Gráfico 12. Gráfico comparativo emisiones Dacia Sandero GLP, gasolina y diesel. *Fuente: Elaboración propia.*

Aunque tenemos como principal indicador contaminante al CO₂, puesto que es el causante principal de los GEI (gases de efecto invernadero), no hay que olvidarse de los óxidos de nitrógeno y partículas emitidas a la atmósfera que también lo son. En este sentido, no hay comparación posible entre el GLP y el resto de alternativas, sobre todo en el caso del gasóleo, como se muestra en los gráficos inferiores:

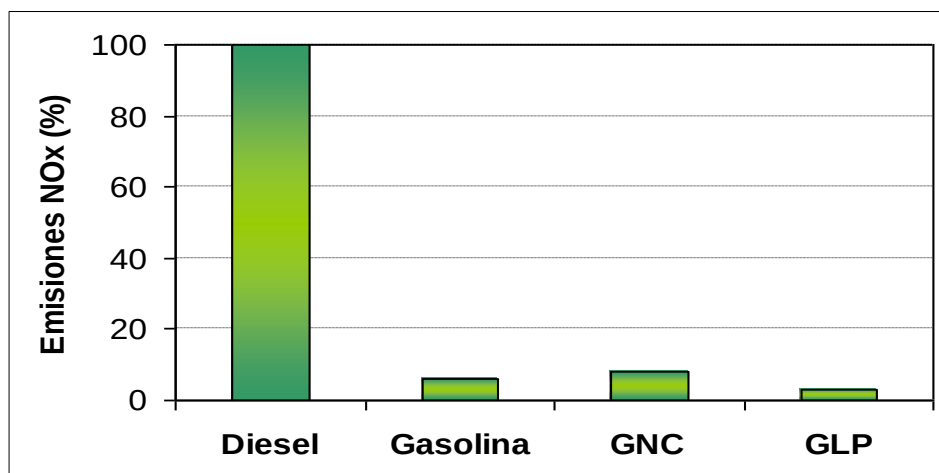


Gráfico 13. Comparativa de emisiones de óxidos de nitrógeno en función del combustible empleado. *Fuente: Curso Gestión Eficiente de Flotas.*

Como muestran las gráficas, el combustible GLP obtiene una reducción de emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) que ronda el 96 respecto al combustible diesel y nada menos que un 68% respecto a la gasolina. Se muestra como el combustible más eficiente de los cuatro comparados en este tipo de emisiones nocivas.

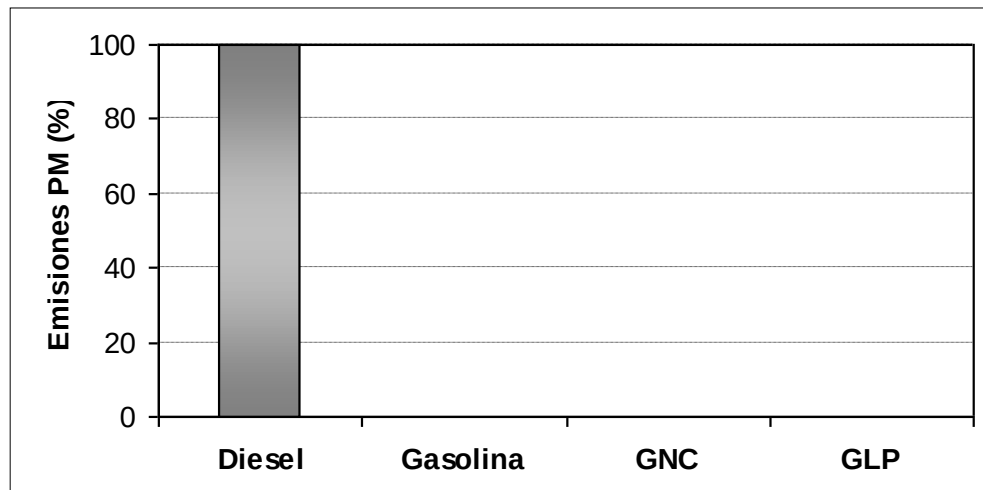


Gráfico 14. Comparativa de emisiones de partículas en función del combustible empleado. Fuente: *Curso Gestión Eficiente de Flotas*.

Respecto a las partículas emitidas a la atmósfera, la emisión del GLP es insignificante respecto al diesel, ya que se eliminan el 99% de las que emite este último combustible.

Podemos concluir entonces que a la vista de los datos sin duda la alternativa más limpia de las tres es la del gas licuado de petróleo, a pesar de que las emisiones de CO_2 del GLP sean mayores respecto al gasóleo en este caso concreto del Dacia Sandero gracias a los avances en reducción de CO_2 en la tecnología diesel.

9.4. Estudio de viabilidad económica

Para realizar el estudio de viabilidad económico, se recurre a los precios oficiales facilitados por Dacia en su web corporativa⁹⁸, y teniendo en cuenta que el Dacia de GLP al ser un combustible alternativo entra dentro de los planes del Gobierno para beneficiarse del plan MOVEA (500€ de descuento⁹⁹) y además recibe 1.000€ adicionales del fabricante o punto de venta. Los precios de los distintos combustibles se escogen de la misma gasolinera, en este caso la Repsol de la Carretera de Córdoba de Jaén¹⁰⁰. El mantenimiento de los vehículos se considera similar a lo largo de todo el período analizado.

	Dacia GLP	Dacia Gasolina	Dacia Gasoil
Precio	9.730 €	7.430 €	9330 €
Consumo (litros)	6,2	4,9	3,5
Precio combustible	0,6390	1,189	1,005
Precio cada 100 km	3,96 €	5,78 €	3,52 €
Bonificaciones	1.500 €		Dacia Gasoil

Tabla 32. Ficha técnica para el estudio de viabilidad económico de los vehículos estudiados. *Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.*

Año	Kilómetros recorridos	Dacia GLP	Dacia Gasolina	Dacia Gasoil
0	-	8.230 €	7.430 €	9.330 €
1	15.000 km	8.824 €	8.304 €	9.858 €
2	30.000 km	9.419 €	9.178 €	10.385 €
3	45.000 km	10.013 €	10.052 €	10.913 €
4	60.000 km	10.607 €	10.926 €	11.441 €
5	75.000 km	11.201 €	11.800 €	11.968 €
6	90.000 km	11.796 €	12.673 €	12.496 €
7	105.000 km	12.390 €	13.547 €	13.023 €
8	120.000 km	12.984 €	14.421 €	13.551 €
9	135.000 km	13.578 €	15.295 €	14.079 €
10	150.000 km	14.173 €	16.169 €	14.606 €
Diferencia de precio			1.996 €	434 €

Tabla 33. Resultados estudio viabilidad económica vehículo GLP frente a gasolina y diesel. *Fuente: Elaboración propia.*

⁹⁸ [Precios](#) Dacia Sandero, visitado el 15 junio 2017.

⁹⁹ [Ayudas del Plan MOVEA 2017 para GLP](#), visitado el 19 de junio de 2017.

¹⁰⁰ [Precio gasolina](#), visitado el 15 de junio de 2017.

A diferencia del estudio que se realizó del VE, aquí los precios de gasoil y diesel son de los tipos más económicos (gasolina 95 octanos y diesel normal), ya que para el vehículo estudiado no se considera que requieran ningún tipo de cuidados especiales como sí requerían los vehículos de alta gama. El DACIA de gas licuado de petróleo tiene el precio inicial mayor, pero al beneficiarse de las bonificaciones estatales del Plan MOVEA (iniciadas el 16 de junio)¹⁰¹, consigue ser con facilidad la alternativa más económica.

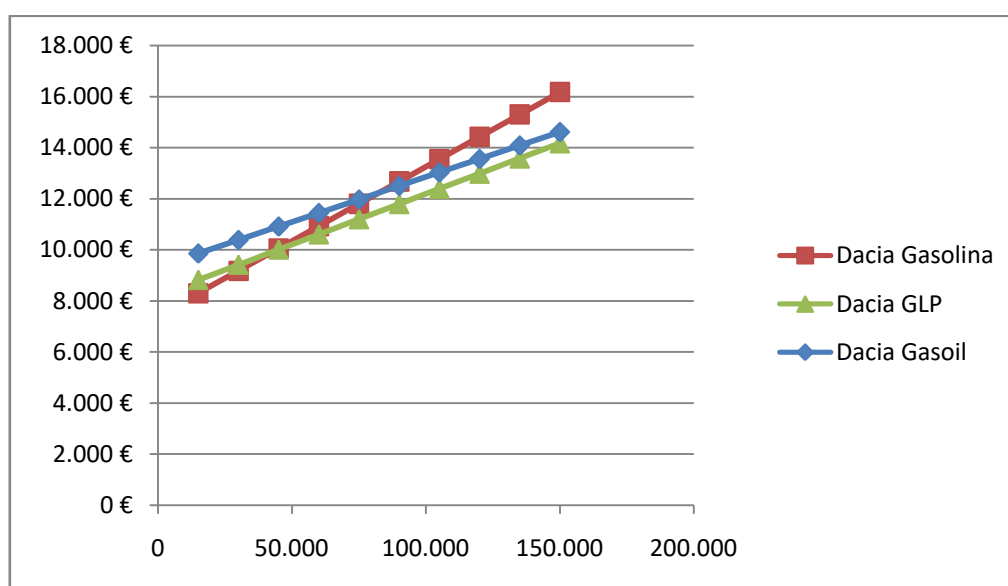


Gráfico 15. Comparativa económica Dacia GLP frente los de gasolina y gasóleo. *Fuente: Elaboración propia.*

A la vista de los resultados, el Dacia GLP al cabo de 10 años sale más económico que el de gasolina a pesar de tener un consumo a los 100km un 26,53% mayor, ya que el precio de la gasolina de 95 octanos hoy en día casi duplica al del GLP (+84,5%), por lo que haya o no subvención a largo plazo el GLP es más barato que la gasolina y por tanto se debe confiar en este combustible alternativo. Además emite menos CO₂. En cambio, si lo comparamos con el gasoil, si suprimimos las ayudas observamos que en este caso a L/P sale más a cuenta emplear el modelo diesel. Como veremos más adelante (epígrafes 6 y 7 del presente apartado) esto se debe al bajo consumo del vehículo estudiado, ya que conforme aumenta este la rentabilidad es mucho mayor si empleamos el GLP. Aún así, como en términos

¹⁰¹ [Diario Expansión](#), visitado el 18 de junio de 2017.

9.5. Gasolineras de autogás GLP en España

A map of the Iberian Peninsula showing the distribution of the Iberian lynx. Red pins with the number '15' are placed across the map, indicating the locations of the 15 breeding centers. The map includes labels for major cities in Portugal (Lisboa, Oporto, Coimbra) and Spain (Madrid, Barcelona, Valencia, Seville, Granada, Málaga, Murcia, Almería, Córdoba, Badajoz, Salamanca, Vigo, Pontevedra, Santiago de Compostela, La Coruña, Ourense, Lugo, Oviedo, León, Asturias, Cantabria, Basque Country, Navarre, Aragon, Catalonia, Balearic Islands, and Canary Islands). The map also shows the Atlantic Ocean to the west and the Mediterranean Sea to the east.

Ilustración 69. Estaciones con GLP en España. *Fuente:* www.ircongas.com

España cuenta con más de 500 estaciones de servicio en la actualidad, lo que daría cobertura a un parque móvil potencial de 250.000 coches de GLP, aunque a día de hoy solo hay 50.000, lo que indica que en este sentido este combustible alternativo no tiene los problemas mencionados en el apartado del vehículo eléctrico.

La manguera de repostaje de este combustible difiere notablemente de la que estamos acostumbrados a emplear los que tenemos vehículos de gasolina o diesel. Se adjuntan imágenes representativas:



Ilustración 70. Mangueras de autogás. Fuente: www.elmundo.es

9.6. Transformación de gasolina a gas licuado de petróleo

Con el problema medioambiental al que se enfrentan las grandes ciudades (Madrid y Barcelona son ejemplos recientes en nuestro país), una alternativa que reduce la contaminación es transformar los vehículos que tiene cierto número de años y están propulsados con gasolina, pues de este modo se reducen notablemente las emisiones y con ello consiguen seguir circulando a partir de 2020 por esas ciudades ya que la DGT les otorga la etiqueta ECO.

El inconveniente de realizar esta conversión es que las marcas suele quitarle la garantía que cubre las averías mecánicas, aunque como esta conversión se puede hacer cuando se desee, por lo que no debe ser un obstáculo para pasar a una movilidad más responsable con el medio ambiente.

En sectores como el del taxi o pequeñas flotas de grandes compañías se está popularizando ya que la conversión es económica y reduce drásticamente las emisiones. El precio medio de la adaptación de un vehículo de gasolina a GLP oscila entre 1.000€ y 2.000€, en función si lo que se desea es una instalación básica o una vistosa integrada. Como veremos a continuación se rentabiliza rápidamente.

Con esta adaptación se le añade un nuevo depósito al vehículo sin tener que desprenderse del original de gasolina, con lo cual son independientes el uno del otro y pueden emplearse ambos a la vez en un viaje de larga distancia, lo que prácticamente duplica la autonomía del coche si el depósito de gas licuado es similar al de gasolina. La desventaja que implica esta instalación es que se pierde cierto espacio en el coche, normalmente el de la rueda de repuesto (ahí caben depósitos de hasta 60 litros de GLP) o en el caso de un vehículo grande y pesado que requiera de un depósito de mayor envergadura, habría que prescindir de parte del maletero.



Ilustración 71. Ejemplos de tanques toroidales de GLP en el hueco de la rueda de repuesto. *Fuente: Autobild*

Si al hacer la transformación solo se emplea como combustible el GLP se obtiene una reducción de averías y mantenimiento ya que no se quedan residuos en los cilindros y el motor gana en longevidad. La temida pérdida de potencia es insignificante y respecto a la seguridad, la instalación de estos depósitos cumplen una normativa muy estricta que en caso de accidente hace que si el gas se escapa se evapora, evitando una deflagración (combustión súbita con llama sin explosión).

9.6.1. Viabilidad financiera cambio de gasolina a GLP

A la hora de valorar si merece la pena el cambio de gasolina a GLP lo primero que hay que pensar es el número de kilómetros que queremos hacerle al vehículo después de su conversión y el consumo actual que tiene este, puesto que a mayor consumo, menos kilómetros recorridos serán necesarios para amortizarlo. Para que el análisis sea lo más fidedigno posible, se evaluarán tres posibilidades: vehículos con consumos bajos, medios y altos. Se considerará que el coste del cambio es de 2.000€ y que no se reciben subvenciones por el mismo.

1. Comparación vehículo de consumo bajo

El vehículo analizado será el Dacia Sandero estudiado anteriormente.

	Dacia GLP	Dacia Gasolina
Coste cambio a GLP	2.000 €	0 €
Consumo (litros)	6,2	4,9
Precio combustible	0,6390 €	1,189 €
Precio cada 100 km	3,96 €	5,83 €

Tabla 34. Ficha técnica de vehículos de bajo consumo. *Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.*

Kilómetros recorridos	Dacia GLP	Dacia Gasolina
0 km	2.000 €	-
20.000 km	2.792 €	1.165 €
40.000 km	3.585 €	2.330 €
60.000 km	4.377 €	3.496 €
80.000 km	5.169 €	4.661 €
100.000 km	5.962 €	5.826 €
120.000 km	6.754 €	6.991 €
140.000 km	7.547 €	8.157 €
160.000 km	8.339 €	9.322 €
180.000 km	9.131 €	10.487 €
200.000 km	9.924 €	11.652 €
		1.729 €

Tabla 35. Resultados económicos al pasar de un coche de gasolina de bajo consumo a GLP. *Fuente: Elaboración propia.*

Como se aprecia en la tabla, hay que recorrer bastantes kilómetros (107.278) con un vehículo de consumo bajo para rentabilizar la inversión. Esto en la práctica no es normal que ocurra, pues se trata de un vehículo de última tecnología en materia de emisiones y además con un consumo muy reducido, y lo habitual es realizar la conversión en vehículos de cierta cantidad de años o con un consumo medio-alto.

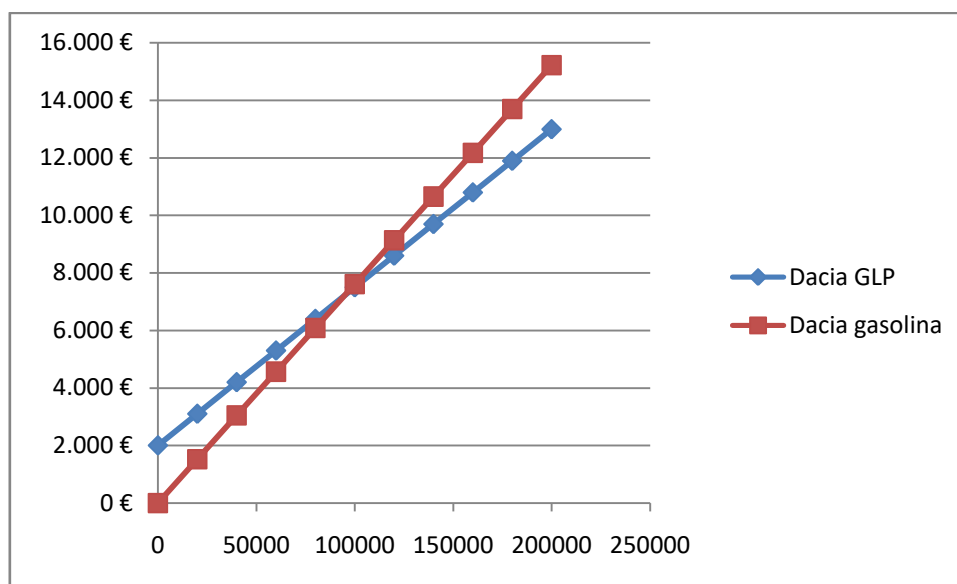


Gráfico 16. El cambio a GLP en el vehículo de bajo consumo se hace rentable a partir de 107.278km.
Fuente: Elaboración propia

2. Comparación vehículo de consumo medio

Para esta comparación se hará uso de un “Alfa Romeo GIULIETTA 1.4 TB 120CV DISTINCTIVE”, que tiene tecnología GLP y gasolina, por lo que podemos obtener en el informe del IDAE los consumos oficiales de los mismos para realizar la comparación con rigor:

	Alfa Romeo GLP	Alfa Romeo gasolina
Coste cambio a GLP	2.000 €	0 €
Potencia	120 CV	120 CV
Consumo (litros)	<u>8,6</u>	<u>6,4</u>
Precio combustible	0,6390	1,189
Precio cada 100 km	5,50 €	7,61 €

Tabla 36 Ficha técnica de vehículos de consumo medio. *Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.*

Kilómetros recorridos	Alfa Romeo GLP	Alfa Romeo gasolina
0 km	2.000 €	-
20.000 km	3.099 €	1.522 €
40.000 km	4.198 €	3.044 €
60.000 km	5.297 €	4.566 €
80.000 km	6.396 €	6.088 €
100.000 km	7.495 €	7.610 €
120.000 km	8.594 €	9.132 €
140.000 km	9.694 €	10.653 €
160.000 km	10.793 €	12.175 €
180.000 km	11.892 €	13.697 €
200.000 km	12.991 €	15.219 €
		2.228 €

Tabla 37. Resultados económicos al pasar de un vehículo de gasolina con consumo intermedio a GLP. *Fuente: Elaboración propia.*

En este caso, a pesar de que el consumo de gasolina es mayor, también hay que realizar bastantes kilómetros (94.598) para que sea rentable el cambio, debido a la gran diferencia porcentual de consumo entre el GLP y gasolina en este modelo (34,375%). Aún así, si se le quiere dar un uso intensivo al vehículo o tenerlo durante muchos años, es recomendable realizar el cambio a gas licuado de petróleo.

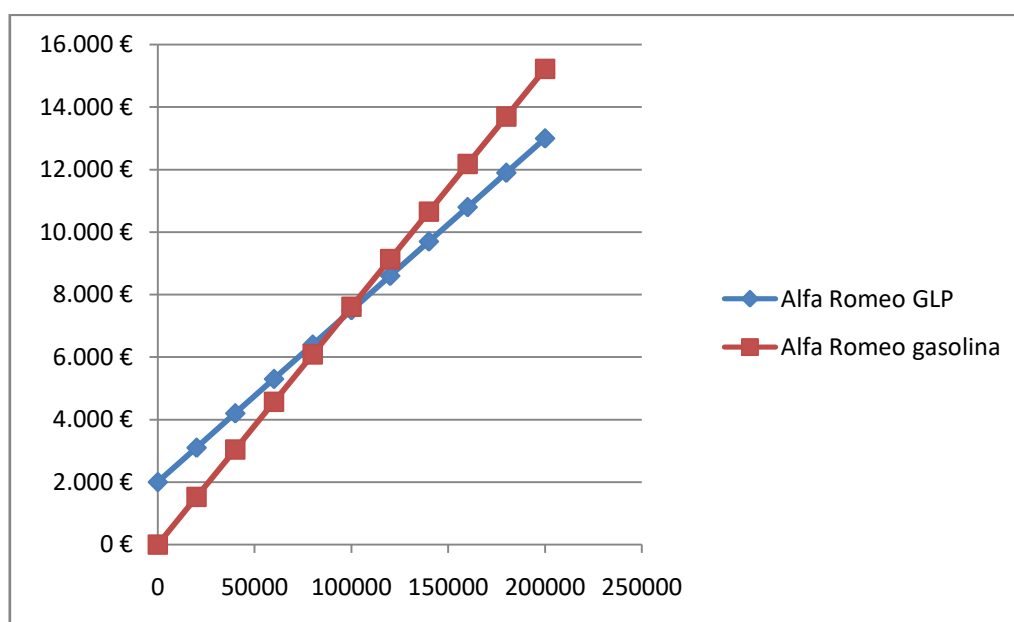


Gráfico 17. El cambio a GLP en el vehículo de bajo consumo se hace rentable a partir de 94.598km. *Fuente: Elaboración propia*

3. Comparación vehículo consumo alto

Para realizar la comparación de este apartado, he recurrido a una [experiencia real](#) de un Saab 93, en el que tras 2.500km recorridos tenían estos consumos

	Saab 93 GLP	Saab 93 Gasolina
Coste cambio a GLP	2.000 €	0 €
Consumo (litros)	11,22	9,98
Precio combustible	0,6390	1,189
Precio cada 100 km	7,17 €	11,87 €

Tabla 38. Ficha técnica de vehículos con consumo alto. *Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.*

Kilómetros recorridos	Saab 93 GLP	Saab 93 Gasolina
0 km	2.000 €	-
20.000 km	3.434 €	2.373 €
40.000 km	4.868 €	4.746 €
60.000 km	6.302 €	7.120 €
80.000 km	7.736 €	9.493 €
100.000 km	9.170 €	11.866 €
120.000 km	10.603 €	14.239 €
140.000 km	12.037 €	16.613 €
160.000 km	13.471 €	18.986 €
180.000 km	14.905 €	21.359 €
200.000 km	16.339 €	23.732 €
		7.393 €

Tabla 39. Resultados económicos al pasar de un vehículo de gasolina con consumo intermedio a GLP. *Fuente: Elaboración propia.*

En este último caso, la rentabilidad del cambio llega pronto, a los 42.583km, por lo que a pesar de ser un vehículo de cierta edad, recuperamos la inversión rápidamente, por lo que llegamos a la conclusión de que el gas licuado debe ser tomado como alternativa seria para aquellas personas que vivan en ciudades con planes de restricción al tráfico (Madrid, Barcelona) y no tengan dinero para sustituir

el vehículo esta puede ser una alternativa sostenible con el medio ambiente y que incluso a largo plazo les puede suponer un ahorro económico.

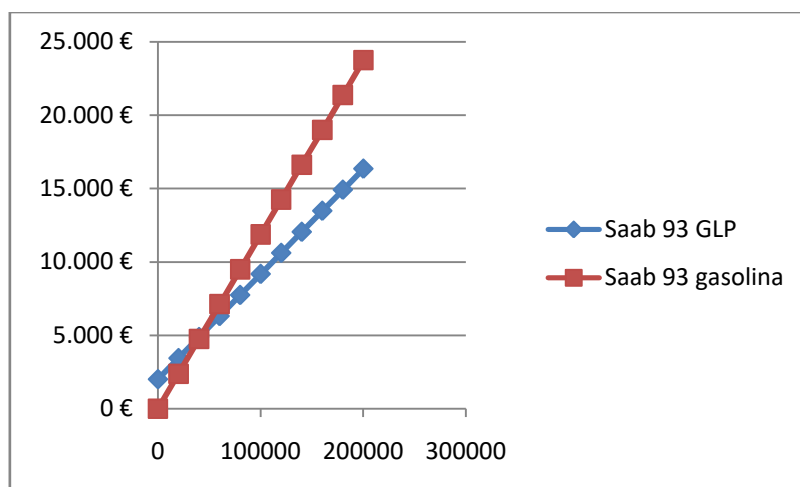


Gráfico 18 El cambio a GLP en el vehículo de bajo consumo se hace rentable a partir de 42.583km.
Fuente: Elaboración propia.

9.7. Experiencias reales

9.7.1. Vehículos comerciales

Además de la experiencia del Saab, también se ofrecen datos facilitados por [Spritmonitor](#) de los consumos de determinados vehículos al convertirlos a gas licuado de petróleo:

Vehículo	Consumo gasolina	Consumo GLP	Variación de consumo
BMW523 i	10,1	11,45	13,37%
Megane II 1.6 16v	8	9,38	17,25%
Octavia 1.6	7,65	9,06	18,43%
Volvo S60 2.4	9,24	10,34	11,90%
Subaru impreza 2.0r	9,79	11,11	13,48%

Tabla 40. Variación de consumo al convertir varios vehículos de gasolina a GLP. *Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Spritmonitor.*

De esta tabla se deduce lo comentado previamente, conforme mayor es el consumo base de gasolina del vehículo menor es la diferencia porcentual del consumo que da en GLP al transformarlo.

Además, como los vehículos con cierta edad consumen más que los actuales a pesar de tener características similares (por mejoras en la eficiencia del

carburante), al cambiar a GLP la diferencia de consumo no es tan acentuada numéricamente como en los modelos nuevos analizados en los puntos 1 y 2 (se diferenciaban 2,2-2,3 litros cada 100km por los 1,2 litros del Saab antiguo) por lo que la rentabilidad se acentúa doblemente en vehículos viejos con consumos elevados.

9.7.2. Transporte urbano

En la actualidad se encuentra en desarrollo el primer autobús urbano impulsado completamente por gas licuado de petróleo. Hasta ahora todos los autobuses urbanos eran bi-fuel con motores adaptados a GLP, y con ese proyecto que será presentado en julio se conseguirá propulsar a un autobús sin necesidad de gasolina. Es un proyecto conjunto entre Repsol, Begas (fabricante de motores) y King Long (fabricante de autobuses), además de la Universidad Politécnica de Valencia. El prototipo se está realizando para dar respuesta a la demanda del Ayuntamiento de Valladolid, que necesita renovar su flota de autobuses urbanos y ha decidido apostar por el GLP. El motor de autogás ha sido íntegramente desarrollado en España.¹⁰²



Ilustración 72. Primer autobús urbano propulsado 100% por GLP. Fuente: www.repsol.es

¹⁰² [Primer autobús impulsado 100% por GLP](http://www.repsol.es), visitado el 19 de junio de 2017.

9.8. Conclusiones gas licuado de petróleo

Siendo el combustible alternativo más expandido en el mundo con más de 25 millones de vehículos circulando aún no ha calado en España, en la que apenas 50.000 le dan uso a esta tecnología y de los cuales aproximadamente 8.000 son taxistas. Pocos son los inconvenientes: pérdida de cierto espacio en el coche y, por lo general, dificultad para repostar si no vives cerca de una capital de provincia. No cabe duda de que es necesaria una mayor inversión tanto a nivel empresarial, como la apuesta de Repsol en este combustible, que es la multinacional que tiene más estaciones de servicio de GLP en España. Además las pocas ayudas gubernamentales (el plan MOVEA de 2016 daba 2.500€ por turismos y con la reducción en este 2017 han bajado a 500€) hacen que la gente continúe siendo reticente al cambio por la combinación de estos factores junto al desconocimiento colectivo de esta tecnología.

Como se ha demostrado, es un combustible más limpio y económico a largo plazo que los combustibles tradicionales, por lo que se debe realizar un esfuerzo en conseguir que esta tecnología avance en la sociedad española, puesto que si vives en una capital de provincia es fácil encontrar una estación en la que repostar y con ello poder recorrer toda la geografía del país sin problemas de autonomía, que en caso de que los hubiera siempre está disponible el depósito de gasolina.

10. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A lo largo de la introducción ya se pusieron de manifiesto algunos de los grandes problemas derivados del uso de combustibles fósiles. La historia nos ha demostrado que la dependencia de fuentes de energía como el petróleo puede acarrear varios de los mayores problemas a nivel mundial: crisis económicas, desastres medioambientales y hasta guerras internacionales simplemente por motivaciones económicas en relación a una fuente de energía. La rivalidad por este recurso energético es evidente que ha dado lugar a varias crisis, como las famosas de la década de los 70, concretamente en los años 73 y 79. De forma más reciente también hemos sufrido grandes perturbaciones de precios de venta por diversos motivos (guerras, crisis, revoluciones árabes). No hay que irse muy lejos – período 2003-2008 – para ver como el precio del barril ascendía de 23,68 a 139,83 dólares, lo que implica un aumento del 490% en solo 5 años. Por este recurso energético se han iniciado guerras como la reciente de Irak y, lo más importante, es causante de millones de muertes al año, puesto que al emplearse sus derivados como combustible (diesel, gasolina), hacen que la contaminación aumente a límites insalubres para la sociedad.

De ahí surgió la motivación del presente proyecto, de la imperiosa necesidad que tiene el planeta de lograr que se cambie el rumbo en materia de emisiones contaminantes, siendo el sector del transporte uno de los principales responsables. Por ello a lo largo del trabajo y con el desarrollo de las cuatro alternativas propuestas, el que suscribe cree que ha quedado patente que se puede lograr el objetivo final de reducir drásticamente las causas que derivan hacia esta lacra que nos persigue desde hace décadas. Ya no caben excusas que justifiquen no tratar de revertir la situación, tanto a nivel individual de consumidor, como en caso de ser empresario y disponer de una flota de cualquier tamaño, o quienes desempeñen un cargo de responsabilidad que permita mejorar a nivel local, autonómico o estatal la situación actual; pues es una cuestión en la que todos debemos tomar conciencia y contribuir en la medida de nuestras posibilidades.

Empezando por los usuarios individuales, se han analizado distintos tipos de alternativas: accesibles desde hace ya algunos años, alguna que está en crecimiento incipiente y será el futuro de la movilidad, y otra que aún está muy verde pero que si se le da la oportunidad de progresar será una gran opción a considerar.

Haciendo referencia a lo primero, se ha realizado un análisis sobre el gas licuado de petróleo. Quizá de las alternativas estudiadas sea la menos atractiva desde el inicio simplemente analizando su nombre, puesto que se puede observar tiene el inconveniente de que continúa ligado a la producción de petróleo, concretamente en la actualidad el 40% se obtiene por esa vía, por lo que hay que intentar que todo lo que se obtenga de GLP sea mediante yacimientos de gas natural y de esta forma se consiga reducir las emisiones de CO₂ por debajo de los motores diesel, que a día de hoy con los avances en este combustible están al mismo nivel, aunque como vimos, tanto en óxidos de nitrógeno como en partículas emitidas es un combustible mucho más eficiente en materia medioambiental, con porcentajes que rondan el 96-99%.

Por ello, aunque no es la más óptima, mejora notablemente a las alternativas que predominan el panorama actual, por lo que se debe realizar un esfuerzo colectivo desde los ciudadanos hasta las instituciones para que esta tecnología avance y algún día nos acerquemos a países como Italia, que tiene 2,5 millones de vehículos impulsados con GLP. Lo que ocurre es que si en un momento tan importante de cambio tecnológico como este el Gobierno en vez de apostar fuerte por la movilidad alternativa lo que hace es reducir la partida de gasto en planes como MOVEA que a efectos prácticos se gastan en menos de dos semanas, será muy difícil equipararse a países vecinos que están más avanzados que nosotros en esta materia.

La tecnología del vehículo eléctrico es a juicio del que suscribe la gran vencedora del análisis realizado durante todo el documento, puesto que hay una marca que ha apostado fuerte por ella y ha conseguido avanzar con pasos de

gigante en muy pocos años. Esa empresa no es otra que Tesla, gracias a la cual podemos decir que ya hay varias alternativas eléctricas mejores que los coches con motorización térmica, y que además incentiva a la creación de otras empresas que la toman como ejemplo (Fisker Inc, Faraday, Lucid Motors) creando un nivel de competencia que permite avanzar aún más rápido y, por lo tanto, mayor presión para los actuales dominadores de la automoción, los productores de motores de combustión interna, que se han visto obligados a salir de su zona de confort antes de lo que hubieran deseado. Habiéndose conseguido ya lo más difícil, que es que casi todas las marcas se pongan a desarrollar a fondo esta tecnología, cosa que no ha ocurrido con el GLP. Solo hace falta, una vez más, apoyo gubernamental para, por un lado reeducar a la sociedad para que entienda la necesidad de realizar el paso hacia la movilidad alternativa, y por otro pierdan el miedo que tienen, fruto del desconocimiento con falsos mitos del pasado que las marcas mencionadas han logrado desterrar.

Ya no hay excusas de falta de autonomía, ni de estética en los vehículos, ni falta de potencia (se han demostrado más potentes que los de motor térmico por tener un par motor que actúa de forma instantánea, de hecho los vehículos que tardan menos tiempo en pasar de 0 a 100 km/h son eléctricos), ni de seguridad, por ejemplo Tesla Model X es el SUV más seguro del mercado¹⁰³, con 5 estrellas en todos los test de seguridad de NHTSA. Esto implica que en el supuesto de sufrir un accidente grave, los ocupantes tienen una probabilidad del 93% de no sufrir una lesión grave. Con todo lo expuesto queda de relieve que el vehículo eléctrico no es algo del futuro, es una realidad y en países avanzados como Noruega tiene una cuota de mercado del 29,1% en la actualidad, gracias al gran apoyo institucional que recibe esta tecnología en el país nórdico.

En lo que respecta a la tecnología de pila de combustible, ha resultado ser una alternativa a la que le falta madurez, pero que si con el paso de los años se consigue un avance rápido como el que está teniendo lugar en la movilidad eléctrica gracias a la apuesta de distintas marcas, resultará tan interesante en el balance de

¹⁰³ [Tesla Model X, SUV más seguro del mercado](#), visitado el 21 de junio de 2017.

emisiones como el vehículo eléctrico, puesto que ambas, según estimaciones de la Agencia Internacional de la Energía, tendrán un ciclo Well to Wheel de cero emisiones en el año 2050.

Si somos responsables, administradores, directivos o propietarios de una empresa que disponga de una flota de vehículos es evidente que lo fácil es recurrir a vehículos de combustión interna, pero como se analizó en ese apartado, si se apuesta por ello es obligatorio hacer uso de tecnologías que optimicen el consumo y aminoren en la medida de lo posible las emisiones contaminantes. Lo ideal es emplear una flota completamente sostenible con el medio ambiente, y aunque a día de hoy resulta muy complicado si estamos dentro del sector de transporte de mercancías pesadas, ya hay empresas como Tesla que van a apostar para que a corto plazo eso cambie (en septiembre de este año presentan un camión). Si por el contrario nuestra flota es ligera, tenemos como referencia los ejemplos de DHL y Correos, empresas que están apostando con algunas de las tecnologías estudiadas en el presente trabajo, el GLP y el VE. Por tanto no hay pretexto para limitar, en la medida de lo posible, las emisiones contaminantes si nos encontramos en una situación como la comentada.

La importancia de emplear tecnologías y combustibles alternativos en el sector del transporte queda patente en la siguiente gráfica elaborada por National Energy Technology Laboratory (EEUU). En ella queda reflejado cómo se verían reducidos los GEI (con la tecnología actual) si se sustituyese el petróleo con cada uno de ellos. Si además tenemos en cuenta que algunas de esas opciones, como vehículo eléctrico o pila de combustible, pueden llegar a lograr el objetivo de cero emisiones para el año 2050 si las energías renovables progresan como debieran, no cabe duda de que tenemos que poner todos de nuestra parte para eliminar en la medida de lo posible este combustible fósil que tanto daño ha hecho a lo largo de la historia y seguirá haciendo en caso de que continuemos con su uso indiscriminado.

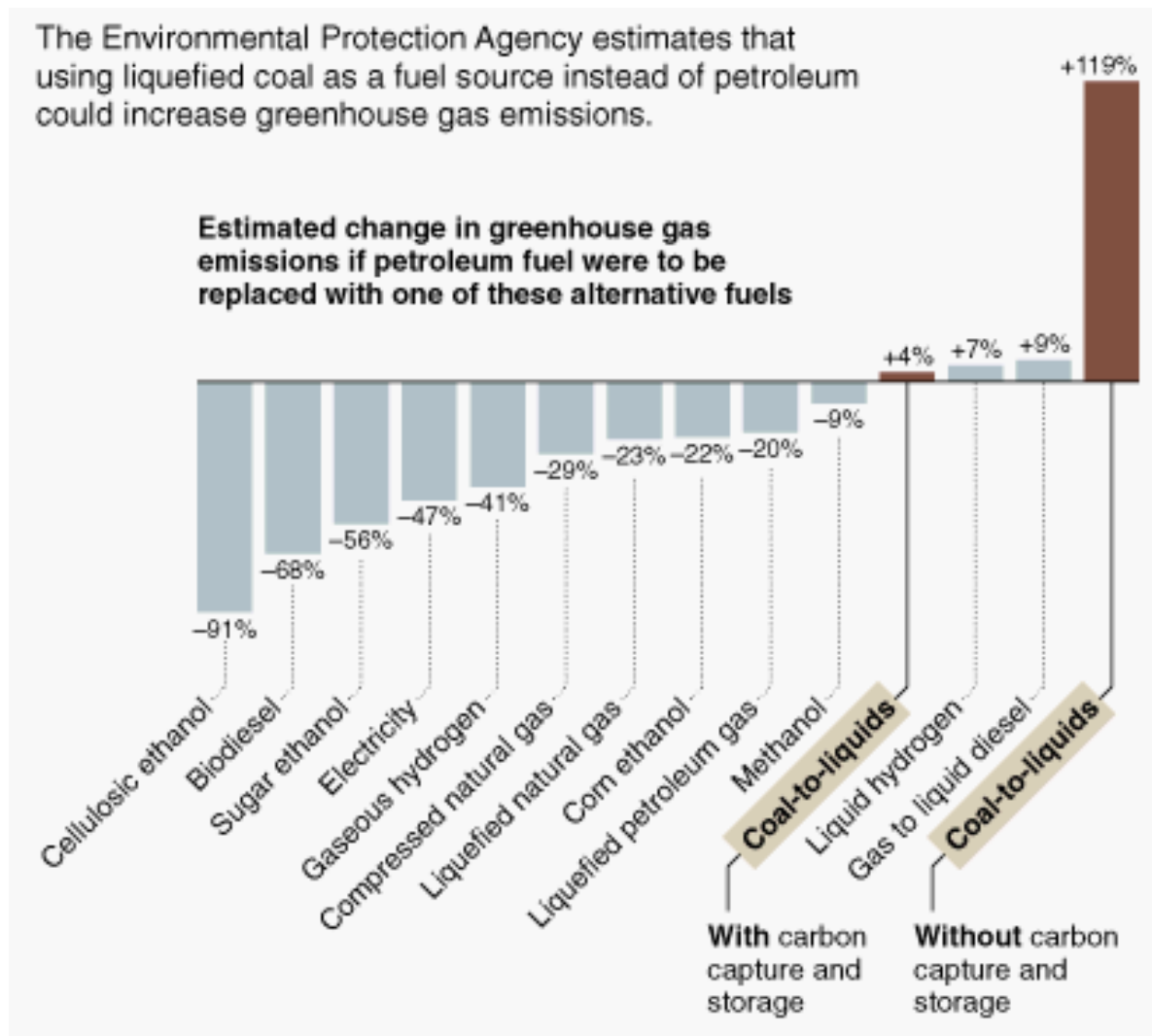


Ilustración 73. Reducción emisiones GEI si se sustituyese el petróleo por algunos combustibles y tecnologías alternativos. Fuente: *National Energy Technology Laboratory*

Otro motivo más para disminuir considerablemente la dependencia al petróleo es que se espera un aumento de precio a partir de 2020¹⁰⁴, debido al desarrollo de países emergentes (India, Brasil), que no parecen apostar a corto ni medio plazo por la movilidad limpia, por lo que debe suponer una oportunidad para los países desarrollados que sí apuesten fuerte por las energías alternativas, ya que se conseguirán las deseadas eficiencia energética (menos emisiones GEI) y económica (por ahorro de combustible).

¹⁰⁴ [Previsión aumento precio petróleo en 2020](#), visitado el 21 de junio de 2017.

Para finalizar las conclusiones, se hace uso de unas gráficas elaboradas por la Agencia Internacional de la Energía que muestran las emisiones que habría por tipo de combustible en caso de cumplirse el escenario 2DS comentado a lo largo del trabajo.

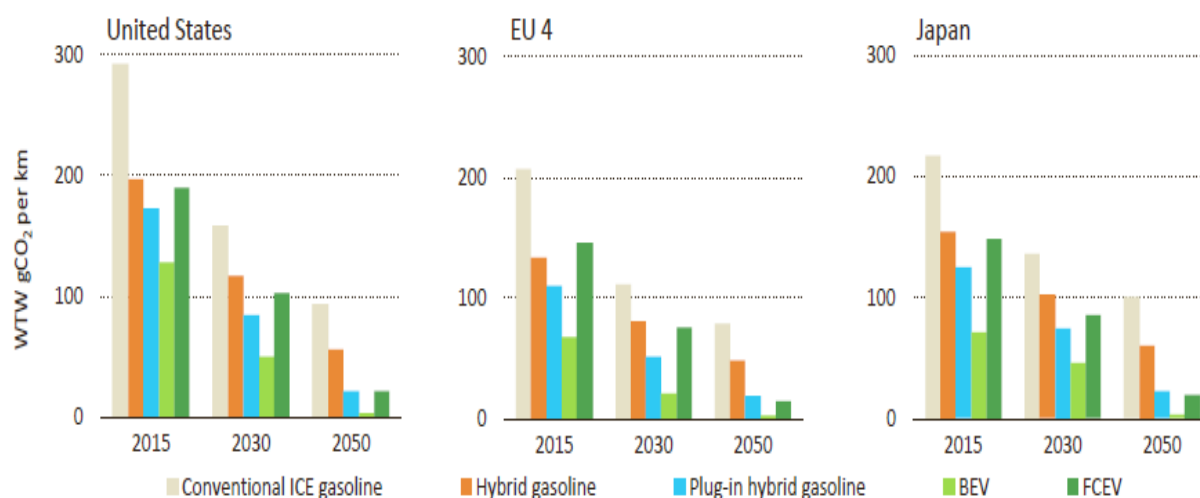


Ilustración 74. Previsión evolución ciclo Well to Wheel por tipo de combustible según el escenario 2DS. Fuente: [Informe Technology RoadMap](#) p.39.

Con esto se demuestra que aunque se está progresando en la reducción de emisiones contaminantes en los vehículos de combustión interna, sigue siendo insuficiente, puesto que las previsiones del ciclo Well to Wheel para el año 2050 de estos combustibles son incluso peores que las actuales en el vehículo eléctrico (Japón y UE). Si se observa la comparación de estos en ese año final la diferencia ya es abismal, por lo que queda claro que aunque se progrese en la combustión interna, siempre va a ser una alternativa peor si queremos ser sostenibles con el medio ambiente y por ello se debe apostar desde las instituciones para hacer cuanto antes el paso a la movilidad con vehículos limpios.

Por ello, para finalizar el documento se añaden una serie de posibles medidas que acelerarían el trasvase al objetivo citado.

En lo que respecta a nuestro país, las políticas gubernamentales actuales se ha demostrado que son totalmente insuficientes. Como muestra de ello, el plan MOVEA 2017 tiene una aportación económica de 2 millones menos respecto a la ya insuficiente cantidad apostada en 2016 (16,6 millones). Según estimaciones del sector, las ayudas del citado plan que acaba de ponerse en marcha a mediados de junio, se agotarán en apenas dos semanas atendiendo únicamente al número de reservas de vehículos eléctricos que hay en la actualidad, lo que evidencia lo comentado. Es completamente necesario aumentar el valor de estas ayudas y ayudar fiscalmente al que emplee esta tecnología, como lo hace Noruega (elimina IVA a los vehículos eléctricos). Como muestra de la seriedad del país nórdico en este tema, para el año 2025 estará prohibida la comercialización de vehículos de combustión interna en ese país.¹⁰⁵ En ese sentido nuestros gobernantes deben aprender de ellos, que ni siquiera han sido capaces de empezar a facilitar las ayudas el 1 de enero del presente año, como debería ocurrir, y algunos compradores que querían beneficiarse de las ayudas han tenido que esperar hasta el presente mes de junio para obtenerlas. Además de ello, algunas de estas bonificaciones son irrisorias como se vio en el caso de vehículos de gas licuado, donde solo daban 500€ por la compra de un turismo con esta tecnología.

Otra medida positiva a juicio del que suscribe es destinar becas universitarias de investigación que promuevan el desarrollo de las tecnologías alternativas estudiadas (gas licuado, VE o pila de combustible). Una fuente de investigación muy interesante sería la del grafeno, que es el material que revolucionará el panorama tecnológico a corto plazo, y si se aumentasen las ayudas para el desarrollo de baterías el trasvase hacia el mercado eléctrico se aceleraría.

Desde las instituciones se debe seguir el ejemplo del ayuntamiento de Valladolid, que como se analizó en el apartado del gas licuado de petróleo, va a renovar su flota de autobuses urbanos con otros propulsados por la mencionada

¹⁰⁵ [Noruega prohíbe la venta de vehículos de combustión interna para 2025](#), visitado el 21 de junio de 2017.

tecnología. Si además se incentivase con numerosos descuentos el uso del transporte público las emisiones se reducirían notablemente.

Por otro lado, la concienciación ciudadana es fundamental para que haya un cambio de rumbo, se debe invertir en educación desde los más pequeños, que son los que van a experimentar toda la conversión. Así se conseguiría eliminar los tabús que aún tiene la sociedad actual, reticente por lo general al cambio. Una sociedad formada será más libre y tendrá la oportunidad de tomar mejores decisiones en todos los aspectos que se le planteen, como el caso del que suscribe, que al empezar el presente documento no tenía apenas información sobre todas las posibilidades que están a día de hoy a nuestro alcance y las que van a estar a corto plazo para conseguir el importante objetivo de la sostenibilidad ambiental a largo plazo. No me cabe duda, y espero que al lector tampoco, de que el tanto el presente como el futuro del transporte pasa por la movilidad sostenible en sus distintas alternativas y está en nuestra mano acelerar el proceso para evitar males mayores en el futuro.

11. BIBLIOGRAFÍA.

11.1. Introducción

Recursos electrónicos

[Diario El Mundo](#), visitado el 10 de junio de 2017

[Restricciones al tráfico en Barcelona a partir de 2019](#), visitado el 20 de junio de 2017.

11.2. Combustibles alternativos y panorama energético actual

Velasco, J. G. (2009). Energías renovables. Editorial Reverte.

Recursos electrónicos

[Marin, J.M. y San Martín, E. \(2011\). El futuro de los combustibles fósiles](#), visitado el 2 de noviembre de 2016.

[El País](#), visitado el 2 de noviembre de 2016.

[Karacsonyi, J. Panorama energético mundial, un desafío para la ingeniería](#), visitado el 5 de noviembre de 2016.

[Equilibrio del mercado de petróleo previsto en marzo de 2018](#), visitado el 20 de junio de 2017.

[Asociación de Productores de Energías Renovables](#), visitado el 10 de noviembre de 2016.

[Comunicación de la Comisión Europea de 24.01.2013](#), visitado el 12 de noviembre de 2016.

[España no cumplirá con el objetivo renovable para el año 2020](#), visitado el 19 de junio de 2017.

[Loyola de Palacio, I. Libro Blanco](#), visitado el 10 de noviembre de 2016

[Comunicado de la Agencia Internacional de la Energía](#), visitado el 10 de noviembre de 2016

[Clasificación IDAE](#), visitado el 14 de junio de 2017

11.3. Situación actual del sector del transporte

Mauleón Torres, M. (2013). Transporte, Operadores, Redes. Editorial Diez de Santos.

Recursos electrónicos

[Conclusiones de la Presidencia del Consejo europeo de Gotemburgo](#) 15 y 16 de junio de 2001, II Una estrategia para el desarrollo sostenible.

Campos Méndez, J y Socorro Quevedo, M.P. "[El transporte en la sociedad del siglo XXI: política de transporte europea y española](#)". Revista Ekonomiaz Nº 73, 1er. cuatrimestre, 2010, visitado el 16 de noviembre de 2016

[El País](#), visitado el 12 de noviembre de 2016

[La Política Europea de Transportes de cara al 2010](#), visitado el 15 de noviembre de 2016

[Orden del Ministerio de Fomento de 16 de junio de 2014, por la que se aprueba el Plan Estratégico de Subvenciones para el periodo 2014/2017](#),

[El País](#), visitado el 20 de noviembre de 2016

11.4. Legislación vigente en materia medioambiental

Recursos electrónicos

[Diario Oficial de la Unión Europea, de 30.03.2010, C 83/133](#), visitado el 22 de noviembre de 2016

[Decisión del Consejo de 25 de abril de 2002 relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo de Kioto](#), visitado el 22 de noviembre de 2016

[Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de Octubre de 2003](#), visitado el 22 de noviembre de 2016

[Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE](#), visitado el 22 de noviembre de 2016

[Libro Blanco, “La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad”](#), visitado el 22 de noviembre de 2016

[Transporte intermodal: programa MARCO POLO](#), p. 1, visitado el 22 de noviembre de 2016

[Reglamento \(CE\) No 1382/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de julio de 2003 relativo a la concesión de ayuda financiera comunitaria para mejorar el impacto medioambiental del sistema de transporte de mercancías \(programa Marco Polo\)](#), visitado el 22 de noviembre de 2016

[Respuesta de la Comisión Europea al informe especial del Tribunal de Cuentas europeo « ¿han sido eficaces los programas Marco Polo para desviar el tráfico de las carreteras?» Bruselas 27.05.2013, COM \(2013\) 321 final](#), visitado el 23 de noviembre de 2016

[Diario Oficial de las Comunidades Europeas de 15/05/2002](#), visitado el 23 de noviembre de 2016

[Comisión de las Comunidades Europeas, Libro Verde Bruselas, 18.7.2001 COM \(2001\) 366 final](#), visitado el 24 de noviembre de 2016

[El Libro Verde de la Sostenibilidad Urbana y Local en la era de la información](#), visitado el 24 de noviembre de 2016

[Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones.- “Energía limpia para el transporte: Estrategia Europea en materia de combustibles, Bruselas, 24.1.2013 COM \(2013\) 17 final](#), visitado el 24 de noviembre de 2016

[Real Decreto 1071/2015, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 380/2015, de 14 de mayo, por el que se regula la concesión directa de subvenciones del «Programa de Incentivos al Vehículo Eficiente, PIVE-8». BOE nº 285 de 25.11.2015](#), visitado el 24 de noviembre de 2016

[Ley 1/2005, de 9 de marzo, BOE núm. 59 de 10 de marzo del 2005. Regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero](#), visitado el 24 de noviembre de 2016

11.5. Análisis DAFO

Recursos electrónicos

[Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía](#), visitado el 26 de noviembre de 2016

[La descarbonización de la estructura energética española](#), visitado el 26 de noviembre de 2016

[Análisis DAFO del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía](#), visitado el 26 de noviembre de 2016

[Memoria Anual IDAE, año 2014](#), visitado el 26 de noviembre de 2016

11.6. Gestión de flotas en el sector del transporte

Curso Gestión Eficiente de Flotas (2011). Amezcua Ogayar, J.M. (EPSJ)

Anaya Tejero J.J. (2011) Logística integral: La gestión operativa de la empresa. Editorial ESIC

Pau, J. y Navascués, R. (1998). Manual de logística integral. Editorial Díaz Santos

Recursos electrónicos

Álvarez Martín, G. [Nuevos modelos de gestión aplicados a empresas de transporte y gestión logística. Análisis y comparativa de aplicaciones de gestión de flotas](#). (2011).

Temario "[Manutención y Almacenaje](#)" M. Hermoso EPSJ

[Guía para la Gestión del Combustible en las Flotas de Transporte por Carretera](#). IDAE, visitado el 4 de abril de 2017.

Informe "[La conducción eficiente](#)". IDAE, visitado el 30 de marzo de 2017.

[Routing Maps](#), visitado el 11 de abril de 2017.

[Estudio sobre el software de movilidad en las empresas de logística y operadores de transporte](#) (2015). CITET, visitado el 11 de abril de 2017.

[Datos CITET](#), visitado el 11 de abril de 2017

[Renault Optifleet](#), visitado el 15 de abril de 2017.

[Novatrans](#), visitado el 19 de abril de 2017.

[Diario El Economista](#), visitado el 23 de abril de 2017.

[Furgonetas eléctricas Correos](#), visitado el 24 de abril de 2017.

[Sistema Dual Fuel DHL](#), visitado el 21 de junio de 2017.

[200 nuevas motocicletas eléctricas en Correos](#), visitado el 21 de junio de 2017.

[En septiembre de 2017 conoceremos el camión de Tesla](#), visitado el 24 de abril de 2016.

11.7. Vehículo eléctrico

Curso Gestión Eficiente de Flotas (2011). Amezcua Ogayar, J.M. (EPSJ)

Recursos electrónicos

Informe Global EV Outlook [2016](#) y [2017](#). Agencia Internacional de la Energía

[Informe ACEA](#). Primer trimestre 2017. European Automobile Manufacturers Association.

Consumo carburante y emisiones CO2. [IDAE](#), visitado el 13 de junio de 2017.

[Diario ABC](#), visitado el 11 de junio de 2017.

[Tesla Motors](#), visitado el 11 de junio de 2017.

[Diario 20 minutos](#), visitado el 11 de junio de 2017.

[EcoDiario](#), visitado el 10 de junio de 2017.

[El periódico de la energía](#), visitado el 14 de junio de 2017.

[Oficina Catalana del Cambio Climático](#), visitado el 14 de junio de 2017.

Ficha IDAE [BMW serie 7Largo 750Li xDrive](#), visitado el 13 de junio de 2017.

Ficha IDAE [Mercedes Clase S Coupe 500 4MATIC](#), visitado el 13 de junio de 2017.

[Características vehículos](#) según IDAE.

[Tarifa Endesa](#), visitado el 12 de junio de 2017.

[Plan mantenimiento de Tesla](#), visitado el 12 de junio de 2017.

[Catálogo BMW Serie 7](#), p.30, pie página nº2

[Mantenimiento medio vehículo España](#), visitado el 12 de junio de 2017.

[Degradación batería de un usuario de Tesla Model S](#), visitado el 13 de junio de 2017.

[Base de datos](#). Foro especializado de Tesla Model S, visitado el 13 de junio de 2017.

[Diario Expansión](#), visitado el 11 de junio de 2017.

Forocoches eléctricos, noticia [Europa](#), visitado el 11 de junio de 2017.

Forocoches eléctricos, noticia [EEUU](#), visitado el 11 de junio de 2017. [ElectroMaps](#), visitado el 11 de junio de 2017.

[Forocoches eléctricos](#), noticia referidos Tesla, visitado el 11 de junio de 2017.

[Informe BrandZ](#), visitado el 11 de junio de 2017.

Usuario Tesla Model S [viaja de Noruega a Barcelona](#), visitado el 12 de junio de 2017.

[El Economista](#), visitado el 11 de junio de 2017.

[Híbridos y eléctricos](#), visitado el 11 de junio de 2017.

[Autobild](#), visitado el 11 de junio de 2017.

11.8. Pila de combustible

Curso Gestión Eficiente de Flotas (2011). Amezcua Ogayar, J.M. (EPSJ)

Recursos electrónicos:

[Informe Technology RoadMap](#) de la Agencia Internacional de la Energía, visitado el 12 de junio de 2017.

[Clasificación pilas de combustible](#), visitado el 13 de junio de 2017.

[Ventajas e inconvenientes pilas de combustible](#), visitado el 19 de junio de 2017.

Información

[Base de datos del IDAE](#), visitado el 19 de junio de 2017.

11.9. Gas licuado de petróleo

Curso Gestión Eficiente de Flotas (2011). Amezcua Ogayar, J.M. (EPSJ)

Recursos electrónicos:

Consumo carburante y emisiones CO2. [IDAE](#), visitado el 16 de junio de 2017.

[Precios](#) Dacia Sandero, visitado el 15 junio 2017.

[Ayudas del Plan MOVEA 2017 para GLP](#), visitado el 19 de junio de 2017.

[Precio gasolina](#), visitado el 15 de junio de 2017.

[Estadística actualizada de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia](#),
visitado el 18 de junio de 2017

[Diario Expansión](#), visitado el 18 de junio de 2017.

[Experiencia real](#) conversión vehículo gasolina a GLP, visitado el 19 de junio de 2017.

[Primer autobús impulsado 100% por GLP](#), visitado el 19 de junio de 2017.

11.10. Resultados y conclusiones

[Tesla Model X, SUV más seguro del mercado](#), visitado el 21 de junio de 2017

[Previsión aumento precio petróleo en 2020](#), visitado el 21 de junio de 2017.

[Noruega prohíbe la venta de vehículos de combustión interna para 2025](#), visitado el
21 de junio de 2017.