

upf. Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

Dificultades en España para la implementación de motores de combustibles alternativos en el transporte por carretera.

Nombre del estudiante: Sergio Valerko Novikov

Nombre de la tutora: Valeria Bernardo

20/06/2022

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL DE GRADO

Curso: 2021-2022

**Estudios: Logística y Negocios Marítimos** 

#### Resumen:

El transporte terrestre de mercancías por carretera es uno de los principales actores en la economía de hoy en día, ya que permite hacer llegar los bienes hasta cualquier rincón del planeta. A pesar de ser de gran utilidad para las personas, para el medio ambiente es todo lo contrario, ya que el uso extenso del motor diésel emite grandes cantidades de gases invernadero que le perjudican.

A raíz de esta problemática, han ido apareciendo alternativas al motor diésel usado hasta hoy en día, que pueden ayudar a disminuir las emisiones de partículas nocivas. A pesar de su existencia, a nivel nacional cuentan con una adopción extremadamente baja, y por ello se realiza un estudio para entender las principales barreras de adopción.

Tras encuestar un grupo relevante de transportistas, se concluye que existen dos barreras principales para su adopción a nivel nacional: la económica, y la de tener unas prestaciones insuficientes.

#### Resum:

El transport terrestre de mercaderies per carretera és un dels principals actors de l'economia d'avui en dia, ja que permet fer arribar tota mena de béns fins a qualsevol racó del planeta. Tot i ser de gran utilitat per les persones, pel medi ambient és tot el contrari, perquè l'ús estens del motor dièsel genera grans quantitats de gasos d'efecte hivernacle que perjudiquen el nostre planeta.

Arran d'aquesta problemàtica, han aparegut alternatives al motor dièsel que s'ha utilitzat fins avui en dia, amb les quals es pot ajudar a disminuir les emissions de particules nocives. Tot i les seves existències, a escala nacional compten amb una adopció extremadament baixa, i per això es realitza un estudi per entendre les principals barreres per la seva adopció.

Després d'enquestar un grup rellevant de transportistes, es conclou que existeixen dues barreres principals: la econòmica, i la de tenir unes prestacions insuficients.

#### **Abstract**

Road freight transport is one of the main players in today's economy, as it allows goods to reach any corner of our planet. Despite being very useful for people, for the environment it is the opposite, since the extensive use of the diesel engine emits large amounts of greenhouse gases that damage the planet.

Because of this issue, alternatives to the diesel engine used to date have appeared, which can help reduce the emissions of harmful particles. Despite their existence, at the national level they have an extremely low adoption, and that is why a study is conducted to analyze the main barriers for their adoption.

After surveying a relevant group of carriers, it is concluded that there are two main barriers for their adoption at the national level: the economic one, and the one of having insufficient vehicle performance.

# Índice:

1.	Introducción.	5
2.	Marco teórico.	7
	2.1 El transporte terrestre de mercancías por carretera.	7
	2.2 Contaminación del transporte por carretera.	10
	2.2.1 Tipos de contaminantes.	11
	2.2.2 Costes externos generados por el transporte	13
	terrestre.	
	2.2.2.1 Polución.	15
	2.2.2.2 Cambio climático.	16
	2.3 Tecnologías alternativas al motor de combustión.	18
	2.3.1 Tecnologías dependientes de combustibles fósiles.	19
	2.3.1.1 Gas Natural (GN).	19
	2.3.1.2 Gas Licuado del Petróleo (GLP).	20
	2.3.2 Combustibles alternativos.	21
	2.3.2.1 Biodiesel.	21
	2.3.2.2 Biogás.	23
	2.3.2.3 Hidrógeno.	24
	2.3.2.4 Electricidad.	26
	2.4 Barreras a la adopción de nuevas tecnologías	27
	2.5 Conclusión del marco teórico.	29
3.	Objetivos e hipótesis.	30
	3.1 Objetivos.	30
	3.2 Hipótesis.	31
4.	Metodología y datos	32
5.	Resultados.	33
6.	Conclusiones y recomendaciones.	41
7.	Bibliografía.	43
8.	Anexos.	52

# Índices gráficos:

Tabla 1: reparto de modalidades de transporte en 2019.	7
Tabla 2: flota de camiones en uso en la C.E.	8
Tabla 3: edad media de la flota actual de camiones.	9
Tabla 4: combustibles usados en las flotas de camiones.	10
Gráfico 1: desarrollo de las emisiones europeas tras las diferentes	13
implementaciones en los motores diésel.	
Gráfico 2: contribuidores a la generación de costes externos al	14
medio ambiente.	
Gráfico 3: reparto de costes externos generados.	14
Tabla 5: costes externos generados por la polución.	15
Tabla 6: costes externos causados al medio ambiente.	17
Tabla 7: comparativa de emisiones.	18
Esquema 1: representación esquemática del proceso general para	22
la obtención de biodiésel.	
Gráfico 4: principales fuentes de biodiésel citadas en artículos	22
científicos.	
Tabla 8: conclusiones extraídas del punto 2.3.	30
Gráfico 5: Tipos de flotas participantes en la encuesta.	34
Gráfico 6: comparación tamaño de flota, y razón por la que no se	36
adquieren combustibles alternativos.	
Gráfico 7: conocimiento entre los transportistas sobre la existencia	37
de las posibles alternativas.	
Imagen 1: selección de fabricantes en una gasinera HAM.	40
Índices anexos:	
Anexo 1: costes marginales producidos en la polución.	52
Anexo 2: costes marginales producidos por el cambio climático.	56
Anexo 3: cuestionario transportistas.	59

#### 1. Introducción.

La sociedad globalizada en la que vivimos, se alimenta de bienes que vienen de todos los rincones del mundo. Este sistema está basado en la tecnología, y especialmente en la comunicación y el transporte. La combinación de estos tres ha permitido el desarrollo de la globalización de una forma rápida y potente, y ha hecho posible que los precios del transporte y la fabricación disminuyan. (Tang H., 2014).

Gracias a estos factores, entre los años 2009 y 2019, el transporte internacional de mercancías fue realizado en más del 20% a través del transporte por carretera, situándose solamente por detrás del transporte marítimo. (FOMENTO, 2019) Así marcando la gran importancia que tiene este en la actividad económica de todos los países. A nivel nacional, el 95% del transporte de mercancías es realizado por carretera, así demostrando una clara dominancia. (OTLE, 2019)

Debido a esta sobreexplotación del transporte por carretera, los motores de combustión interna se han convertido en una de las mayores fuentes de generación de gases invernadero. Se estima que el 23% de la energía relacionada con los gases invernadero, es producida por los diferentes sistemas de transporte existentes, de los cuales tres cuartas partes corresponden a las emisiones emitidas por el transporte por carretera. (Kahn Ribeiro S., et al, 2007). Además, los camiones contribuyen considerablemente a la polución acústica en áreas urbanas, y carreteras. Siendo los sistemas de escape, y el roce de los neumáticos con el pavimento, los principales generadores de ruido. (Kulauzovic B., et al, 2020)

Viendo la situación actual del planeta, Naciones Unidas ha presentado una serie de objetivos de desarrollo sostenible. Uno de los más importantes, es dar solución al sobreuso de los combustibles fósiles. Debido a ello, invita a que se intensifique la investigación en el ámbito de los combustibles alternativos, y el lanzamiento de modelos que funcionen con estas energías.

Algunas de las alternativas presentes en el mercado de los vehículos pesados ya cuentan con la implementación de estos nuevos combustibles, que en muchos casos permiten disminuir considerablemente la emisión de partículas de CO2 y NOx. (Polóni

M., et al, 2003). Además, permite minimizar los costes externos generados por sus emisiones. (Comisión Europea, 2019).

Sin embargo, en España la adopción de estas nuevas tecnologías es mínima. En el 2020, solamente el 0.7% corresponde a camiones con motores alternativos al diésel o la gasolina. (ACEA, 2022) Por ello, teniendo en cuenta esta información, se genera la duda de: "por qué la implementación de estas tecnologías está siendo tan complicada".

El objetivo del trabajo es estudiar dentro del mercado español de transportistas, las opiniones generales sobre estas nuevas tecnologías, y ver finalmente cuál es la razón global para que su adopción sea tan lenta.

Con el desarrollo de este trabajo, se contribuye a la literatura del ámbito aportando información sobre la situación actual de estos combustibles alternativos en el sector de los transportistas españoles desde un primer punto de vista.

Este estudio cuenta con una relación directa con el grado cursado en logística y negocios marítimos. Ya que a lo largo de los años del grado han sido tratados temas de diferentes ámbitos de la logística, entre ellos, y siendo uno de los más importantes, el del transporte terrestre de mercancías por carretera. Además, personalmente es un tema que me causa gran curiosidad, debido a la cercanía con el mundo del transporte terrestre, la gran conciencia presente con el medio ambiente y el interés por las tecnologías emergientes. Por otro lado, es un tema actual, debido a la crisis energética que se está viviendo (El País, 2022).

Seguido de esta introducción en la cual se explica la idea global del proyecto, se detalla el marco teórico en el cual se tratará la información referente al ámbito estudiado. En la sección 3, se plantean los objetivos e hipótesis para poder desarrollar el estudio del mercado. La sección 4, presenta la metodología utilizada para llevar a cabo este estudio, y en la quinta sección se recopilan los datos obtenidos. El trabajo finaliza con una sección donde se presentan las principales conclusiones, y recomendaciones.

#### 2. Marco teórico

Tras el estudio de la literatura existente relacionada con la problemática a estudiar, se decide estructurar el marco teórico alrededor de ciertos puntos. Dicho marco teórico empieza contemplando la situación del transporte terrestre, y la contaminación que este causa. En segundo lugar, se contemplan las materias contaminantes que emite este método de transporte, y los costes externos que generan. Seguido, se estudian las alternativas actuales que existen a los combustibles convencionales. Y por último, se habla de las barreras de entrada que mencionan algunos de los autores que han escrito al respecto.

Una vez contemplados los puntos mencionados, se finaliza con una conclusión global.

## 2.1 El transporte terrestre de mercancías por carretera.

Entre los años 2009 y 2019, el transporte internacional de mercancías fue realizado en alrededor del 20% a través del transporte por carretera, situándose solamente por detrás del transporte marítimo. (FOMENTO, 2019).

Tabla 1: reparto de modalidades en el transporte en el 2019.

MODO DE TRANSPORTE						AÑO					
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
CARRETERA	21,7%	21,8%	19,7%	18,1%	19,3%	19,0%	19,1%	19,7%	19,1%	19,4%	19,8%
FERROVIARIO	0,7%	0,6%	0,7%	0,6%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,8%	0,7%	0,8%
AÉREO	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%
MARÍTIMO	77,5%	78,2%	79,5%	81,2%	79,9%	80,2%	80,0%	79,5%	79,9%	79,7%	79,3%
TOTAL	420.607,0	438.359,3	459.860,6	475.155,6	466.471,3	491.043,4	510.604,1	515.956,9	554.227,2	577.345,8	581.709,2

Fuente: FOMENTO, 2019

Mientras que, a nivel nacional, el reparto modal en cuanto a transporte interior de mercancías en el año 2019 contó con una clara dominancia del 95% por parte del transporte por carretera. (OTLE, 2019)

A nivel europeo, según ACEA (2022), el continente europeo cuenta con una gran flota de camiones que ha ido en aumento a partir del 2015, situándose en un total de 6.230.100 vehículos pesados registrados en el 2020. A continuación, se presenta en la Tabla 2 la flota de camiones en uso de la Comunidad Europea. En ella se puede observar que la flota española de vehículos pesados ocupa el 4 lugar en cuanto a

tamaño, por detrás de países como Polonia, Italia o Alemania, los cuales cuentan con flotas que, en algunos casos, prácticamente duplican la española.

Tabla 2: flota de camiones en uso en la Comunidad Europea.

$\epsilon$	2016	2017	2018	2019	2020	%change 20/19
Austria	69,428	70,791	72,486	73,336	73,381	0.1
Belgium	142,744	144,293	146,081	147,756	147,016	-0.5
Croatia	43,806	45,210	45,720	47,536	48,621	2.3
Cyprus	11,631	12,040	12,509	13,016	13,329	2.4
Czech Republic	183,560	186,004	187,483	186,881	185,602	-0.7
Denmark	42,055	42,480	42,744	42,582	42,261	-0.8
Estonia	36,781	37,644	37,911	39,848	40,106	0.6
Finland	94,780	95,948	96,169	95,141	94,691	-0.5
France	585,498	592,199	599,854	603,023	600,283	-0.5
Germany	917,627	932,755	946,541	951,481	952,285	0.1
Greece	227,990	223,680	229,776	226,913	225,216	-0.7
Hungary	88,592	91,760	94,966	96,109	94,306	-1.9
Ireland	46,423	46,677	47,259	48,311	47,273	-2.1
Italy	885,513	895,978	905,338	910,337	921,314	1.2
Latvia	26,981	27,905	27,710	27,852	22,513	-19.2
Lithuania	57,901	61,465	65,996	67,111	69,780	4.0
Luxembourg	11,633	11,778	12,055	12,300	13,784	12.1
Netherlands	151,952	154,262	158,410	160,608	157,638	-1.8
Poland	1,025,585	1,064,671	1,108,975	1,150,493	1,184,677	3.0
Portugal	119,700	125,600	130,000	132,500	134,000	1.1
Romania	255,297	281,708	288,309	296,489	346,911	17.0
Slovakia	85,277	85,654	85,241	81,083	78,959	-2.6
Slovenia	31,667	33,572	35,864	37,285	37,674	1.0
Spain	570,315	584,733	590,674	596,599	614,147	2.9
Sweden	81,430	83,025	83,977	84,153	84,333	0.2
EUROPEAN UNION	5,794,166	5,931,832	6,052,048	6,128,743	6,230,100	1.7

Fuente: ACEA, 2022.

Además de contar con una de las mayores flota de vehículos comerciales de la Unión Europea, cuenta con una de las flotas más actualizadas y modernas, ya que se sitúa en el sexto puesto. Estos datos se recogen en la Tabla 3, en la cual se muestra que la edad media de los camiones con matrícula española es de 9,8 años.

Como se puede observar en la Tabla 3, el 67.04% de los vehículos españoles tiene una antigüedad superior a los 10 años. Mientras que solamente el 25,46% cumple con los estándares Euro VI. La norma Euro VI fue implementada a nivel europeo en septiembre del 2013, con la finalidad de establecer estándares para los vehículos que usen combustibles fósiles, en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, y otras partículas. (TNO, 2016)

Tabla 3: edad media de la actual flota de camiones.

<b>E</b> ]	2020	2019	2018	2017	2016 (≤5 years)	2015	2014	2013	2012	2011 (5-10 years)	>10 years	Total	Average age (in years)
Austria	5,081	7,045	6,770	6,347	5,837	4,842	4,574	4,036	3,356	3,306	22,187	73,381	7.0
Belgium	7,427	11,260	10,507	9,546	8,936	7,640	6,956	5,843	5,974	5,684	67,243	147,016	16.0
Croatia	656	1,442	1,463	1,550	1,910	2,098	1,903	1,663	1,586	1,870	32,045	48,186	14.5
Cyprus	84	117	132	95	80	-	-	-	-	(1,468)	11,353	13,329	-
Czech Republic	-	-	-	-	(44,412)	-	-	-	-	(31,876)	109,314	185,602	17.6
Denmark	3,363	4,452	4,248	4,069	3,986	3,180	2,289	2,324	1,586	1,254	11,510	42,261	10.1
Estonia	522	1,042	1,120	1,191	1,034	947	947	965	1,048	995	30,295	40,106	17.6
Finland	3,258	3,950	3,851	3,427	3,412	3,023	3,155	3,732	3,336	3,423	60,124	94,691	14.3
France	58,195	54,182	50,168	46,155	38,128	32,108	32,108	29,098	28,094	18,061	216,727	603,023	9.0
Germany	46,831	57,726	54,051	45,977	39,695	33,425	27,344	23,349	19,696	18,016	175,311	541,421	9.6
Greece	559	422	338	435	273	427	327	247	79	237	221,872	225,216	21.4
Hungary	3,257	5,385	6,437	5,412	4,312	4,556	3,624	3,705	3,375	3,595	50,648	94,306	12.6
Ireland	1,964	2,264	2,245	2,312	3,002	2,519	2,519	3,062	2,462	2,169	22,755	47,273	10.6
Italy	19,024	28,428	30,749	29,901	29,355	19,375	15,390	16,191	16,224	22,469	722,890	949,996	18.5
Latvia	728	1,210	1,573	1,372	1,524	952	841	1,086	1,147	1,112	10,968	22,513	9.9
Lithuania	4,016	6,873	7,729	5,092	4,825	3,009	1,966	3,093	2,273	2,347	28,557	69,780	10.7
Luxembourg	1,261	1,743	1,593	1,464	1,226	821	701	548	462	534	3,431	13,784	6.7
Netherlands	9,599	14,140	14,301	13,290	13,930	11,869	8,620	8,971	7,181	6,476	49,261	157,638	9.8
Poland	21,416	30,525	32,594	30,991	32,590	30,568	27,132	31,464	31,769	35,421	880,207	1,184,677	13.2
Portugal	3,599	5,338	5,133	5,602	4,978	4,596	4,241	3,549	3,096	4,016	89,852	134,000	15.1
Romania	2,291	6,133	5,928	6,858	11,510	15,366	10,572	12,009	8,451	8,056	259,737	346,911	16.8
Slovakia	2,209	4,008	5,025	4,599	4,543	3,666	3,060	2,818	2,574	2,430	45,126	80,058	13.4
Slovenia	1,417	2,485	2,970	2,891	3,260	3,072	2,812	1,681	1,404	1,552	14,130	37,674	9.8
Spain	18,696	24,047	24,202	24,724	25,334	22,650	16,758	14,319	14,562	17,076	411,779	614,147	15.1
Sweden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EUROPEANUNION													13.9

Fuente: ACEA, 2022.

Los camiones empleados pueden contar con diferentes características dependiendo de la cantidad de productos a transportar, su peso, o tamaño. A pesar de estas diferentes variables que pueden afectar al tipo de vehículo empleado, el 96.3% de ellos tienen una cosa en común a nivel europeo, y el 99.1% a nivel nacional. Los vehículos empleados funcionan gracias a un motor de combustión interna, que usa el diésel para hacer posible su funcionamiento. (ACEA, 2022).

En Cataluña, en el año 2019, se contaba con un total de 11.700 camiones matriculados (Servicio Estadística, 2019). De los cuales 452 usaban combustibles alternativos (CIMALSA, 2019). Por lo tanto, su presencia en las carreteras era del 3,86%.

Comparando este resultado con otros países de la UE. Se puede apreciar que España se encuentra por detrás de países como Suecia, donde un 1,4% de los vehículos pesados funciona con Gas Natural, mientras que en España tan sólo el 0,7%. O, de la República Checa, donde un 2,9% de los vehículos pesados funcionan con electricidad.

Tabla 4: combustibles usados en las flotas de camiones.

$\epsilon$	Petrol	Diesel	Battery electric	Plug-in hybrid	Hybrid electric	Natural gas	LPG	Other	Unknown
Austria	_	_	_	_	_	_	_	_	_
Belgium	1.7 %	92.3 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.6 %	0.1 %	5.3 %	0.0 %
Croatia	0.1 %	99.9 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Cyprus	0.1 %	99.9 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Czech Republic	0.9 %	95.8 %	2.9 %	0.0 %	0.0 %	0.2 %	0.0 %	0.3 %	0.0 %
Denmark	0.6 %	98.8 %	0.1 %	0.0 %	0.0 %	0.5 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Estonia	14.7 %	85.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.2 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Finland	2.0 %	97.5 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.2 %	0.0 %	0.2 %	0.0 %
France	0.0 %	98.8 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	1.1 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Germany	1.6 %	97.8 %	0.1 %	0.0 %	0.0 %	0.3 %	0.1 %	0.1 %	0.0 %
Greece	0.1 %	55.5 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	44.4 %
Hungary	0.7 %	99.2 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Ireland	0.1 %	99.8 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Italy	0.4 %	98.2 %	0.7 %	0.0 %	0.0 %	0.5 %	0.1 %	0.1 %	0.0 %
Latvia	0.1 %	99.6 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.2 %	0.1 %	0.0 %	0.0 %
Lithuania	1.0 %	98.3 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %	0.1 %	0.5 %
Luxembourg	0.3 %	99.1 %	0.2 %	0.0 %	0.0 %	0.2 %	0.2 %	0.0 %	0.0 %
Netherlands	0.8 %	98.0 %	0.1 %	0.0 %	0.0 %	0.9 %	0.2 %	0.0 %	0.0 %
Poland	0.3 %	98.1 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.8 %	0.2 %	0.0 %	0.6 %
Portugal	0.0 %	99.7 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.2 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Romania	0.2 %	99.7 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Slovakia	0.2 %	97.9 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %	0.0 %	1.8 %
Slovenia	0.1 %	99.7 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.2 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Spain	0.2 %	99.1 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.7 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Sweden	1.2 %	97.3 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	1.4 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %
EUROPEAN UNION	0.7 %	96.3 %	0.24 %	0.00 %	0.02 %	0.5 %	0.1 %	0.20 %	2.0 %

Fuente: ACEA, 2022.

## 2.2 Contaminación del transporte por carretera.

La reducción del uso de combustibles fósiles, y el desarrollo de las posibles alternativas a estos, es un debate de prioridad a nivel global. Uno de los principales problemas hoy en día, es la búsqueda de energía asequible y no contaminante, la cual pueda permitir ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para ofrecer servicios de energía modernos y sostenibles. (CEPAL, 2016)

En el 2011, la Comisión Europea publicó el Libro Blanco del Transporte, con la finalidad de establecer una hoja de ruta hacia la descarbonización del transporte en la Unión Europea. En dicho documento se establecen 10 objetivos que van encarados a la creación de un sistema de transportes por carretera competitivo y sostenible, que pasa a través de la reducción de los gases invernadero en el 60%.

Uno de los objetivos que va encarado directamente al sector del transporte de mercancías por carretera, es el siguiente:

 Desarrollo e introducción de nuevos combustibles y sistemas de propulsión con la finalidad de un desarrollo sostenible. El objetivo es reducir la polución en los centros urbanos en el 2030, gracias a la eliminación del CO2 en el sector de la logística.

Como bien se menciona en este objetivo, la finalidad es eliminar por completo las emisiones de CO2 del transporte por carretera, con la consecuencia de reducir los niveles de contaminación en los diferentes puntos geográficos. Sin embargo, la reducción de los gases invernadero no es la única ventaja que ofrecen las tecnologías alternativas al motor de combustión, ya que también ofrecen mejores rendimientos económicos. (Dechezlepretre A., et al, 2014)

#### 2.2.1 Tipos de contaminantes.

La actual crisis climática es debida a que en la atmósfera se encuentra una presencia abundante de sustancias ajenas a ella. Estas sustancias se encuentran en cantidades mucho más elevadas que las que deberían existir por su naturaleza, así generando la situación actual. (Greene D., et al, 2010) Los contaminantes más estudiados según Gencat (2019), son:

 Partículas de diferentes tipos. Dependiendo de sus características por tamaño y propiedades, pueden ser humos (cuando su tamaño es menor de 1 μm), respirables (con un tamaño inferior a 10 μm), en suspensión (menores de 30 μm), y sedimentables (consideradas las más grandes en tamaño, al ser más grandes que 30 μm. (Gencat, 2019)

- Compuestos de carbono: es uno de los elementos químicos fundamentales en el planeta. Dentro del ámbito de la polución, es uno de los más sonados, y se puede encontrar en las siguientes variaciones: CO, CO2, CH4, HCT. (ECHA, 2017)
- Compuestos de nitrógeno: los óxidos de nitrógeno en sus diferentes variaciones son los principales contaminantes basados en este elemento químico. Son producidos a través de los procesos de combustión. Los compuestos más estudiados son: el NO, NO2, NOx, NH3. (PRTR, 2007)
- Compuestos de azufre: estos compuestos son los principales responsables de la lluvia ácida. Los compuestos más importantes son: el SO2, H2S, H2SO4, y sulfuros. Además, una vez se oxida se convierte en material particulado respirable (PM10). (Gobierno de la Rioja, 2016)

Según ACEA (2022), en España había 614.147 vehículos pesados circulando en el 2020, de los cuales un 99,1% funcionaban con diésel. Esta misma moda se puede observar en los datos del resto de países europeos

Rojas N., (2004), explica que, en los motores diésel la formación de partículas nocivas se origina en las zonas de baja temperatura o baja disponibilidad de oxígeno. Además, en esta formación también intervienen las características de la inyección del combustible, su mezclado con el aire, y la presencia de aceite lubricante. Con esta mezcla se forman reacciones químicas que desprenden partículas esféricas de entre 10 y 70 nm de diámetro, que una vez aglomeradas entre sí forman compuestos volátiles formados por compuestos orgánicos solubles, sulfatos y nitratos asociados con agua.

Los motores diésel cuentan con unas características muy beneficiosas de cara al consumidor directo, ya que presentan bajos consumos y buenos rendimientos. Pero el factor de las emisiones, es uno de los más preocupantes. Para regularlas, en los principios de los años 90, se introdujo el estándar "Euro", con el fin de regular las emisiones de estos motores. (Fiebig M., et al, 2014)

-Emission NOx-Emission CO-Emission 100 EURO 3 EURO 2 **EURO 4** EURO 5 80 EURO 60 40 Note: 20 Official testcycles were 100 -98% changed 80 during the 60 years 40 20 EURO 5b additionally 100 particle 98% DI IDI 80 number limit 60 value = % 40 6x10<sup>11</sup> / km 20 ΡŖ 1970 1979 1988 1996 2005 2014 1975 Direct-injection Jahr (1987)First diesel nitrogen-oxide (NOx) SCR First diesel oxidation catalyst Technology particle filter after-treatment-system (1989)NSC (2004) (2000) in europe (2009)

Gráfico 1: desarrollo de las emisiones europeas tras las diferentes implementaciones en los motores diesel.

Fuente: Fiebig M., et al, 2014.

En el Gráfico 1, se muestran las diferentes implementaciones más importantes que se han introducido en los motores diésel desde la aparición del estándar "Euro". Se puede apreciar que en todos los casos se ha visto una reducción del 98% en el nivel de emisiones a través de todas las generaciones del estándar. A pesar de ello, con la cantidad de vehículos presentes hoy en día, esto no es suficiente para frenar la contaminación de la atmósfera. (Fiebig M., et al, 2014)

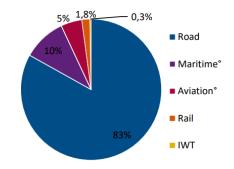
## 2.2.2 Costes externos generados por el transporte terrestre.

Los costes externos aparecen cuando la actividad desarrollada por una persona, o grupos de personas, genera un impacto en otros individuos, sin que pase por el sistema de precios. Este impacto puede ser positivo o negativo, dependiendo de cómo afecte a estos individuos. En el caso de las externalidades negativas, no cuentan con una compensación de ningún tipo para los individuos que la sufren. (European Commission, 2019)

Como se muestra en el manual de los costes externos del transporte, el transporte por carretera es el mayor contribuyente a la hora de generar costes externos, con una superioridad del 83%, seguido del marítimo, el cual tan solo tiene un 10%.

Gráfico 2: contribuidores a la generación de costes externos en el medio ambiente.

Figure 14 - Share of the different transport modes on total external costs 2016 for EU28



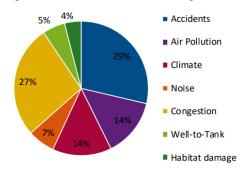
\* Data for aviation and maritime: rough estimations for EU28.

Fuente: Comisión Europea, 2019.

En el manual previamente mencionado, que ha sido emitido por la Comisión Europea (2019), se contemplan diferentes costes externos generados en varios ámbitos a raíz de la actividad del transporte.

Gráfico 3: reparto de costes externos generados.

Figure 13 - Share of the different cost categories on total external costs 2016 for EU28



Including data for aviation and maritime: rough estimations for EU28.

Fuente: Comisión Europea, 2019.

Como se puede observar en el gráfico 3, los accidentes y la congestión son los principales factores que generan costes externos en el mundo del transporte. Seguidos del clima y la polución, los cuales pueden derivar de los mencionados previamente.

#### 2.2.2.1 Polución.

Las emisiones de gases contaminantes son las más estudiadas en el mundo del transporte, ya que dichas emisiones pueden generar diferentes tipos de daños. Los daños más analizados son los causados a la salud, o la pérdida de biodiversidad. (Comisión europea, 2019)

La Comisión Europea usa 2 variables principales para calcular el impacto económico que puede generar la polución producida por el transporte. Estas variables son las siguientes:

- La cantidad de emisiones. La cual es calculada a raíz de valores medianos extraídos de diferentes bases de datos, por cada tipo de vehículo estudiado.
- El coste por tonelada de contaminante. El cual es extraído de otros estudios realizados previamente, y comprobado con el Manual de precios medioambientales, emitido por CE Delft en 2018. Este manual presenta cálculos estimados de costos causados por más de 2.500 contaminantes.

Tabla 5: costes externos generados por la polución.

Freight transport	Billion €	€-cent/tkm	€-cent/vkm
LCV	15.49	4.68	3.24
LCV - petrol	0.33	1.72	1.17
LCV - diesel	15.16	4.86	3.37
HGV	13.93	0.76	9.38
Total freight road	29.42		
Freight train electric	0.01	0.004	2.14
Freight train diesel	0.66	0.68	305.39
Total freight rail	0.67		
Inland Vessel	1.93	1.29	1,869
Total freight transport	32.02		
Total road, rail, inland waterway	71.80		

Total costs without highspeed passenger trains (average costs for passenger train electric: incl. high speed trains).

Fuente: Comisión Europea, 2019.

Como se muestra en la Tabla 5 extraída del manual de costes externos de la Comisión Europea, los vehículos comerciales pesados (HGV), generan un coste externo con la

polución generada de 13,93 millones de millones de euros. Siendo este valor más bajo que el generado por los vehículos comerciales ligeros, que presentan un impacto superior debido a que las distancias recorridas son menores, tal y como se puede observar en la columna "€-cent/tkm", mientras que el coste generado por vehículo es superior en el caso de los HGV, debido a que cuentan con una menor cantidad en circulación.

En el mismo documento se recogen los costes marginales en "€-cent por tkm" respecto a los costes de polución, causados por los HGV en diferentes lugares, como pueden ser áreas metropolitanas, áreas urbanas, o rurales.

En el Anexo 1 de este documento, muestra el impacto generado por los vehículos comerciales pesados que funcionan con diésel, y gas natural licuado (LNG). Se puede apreciar observando los valores, que los vehículos que funcionan con LNG presentan un valor drásticamente mucho más pequeño que cualquier otro vehículo que funcione con gasóleo A.

#### 2.2.2.2 Cambio climático.

Los costes externos creados por el cambio climático a raíz del transporte terrestre, también se encuentran recogidos en el manual de los costes externos del transporte del 2019, emitido por la Comisión Europea. Los efectos causados sobre el medio ambiente son muy complejos de calcular, sobre todo porque son globales, a largo plazo, y tienen patrones de riesgos muy difíciles de prever. A pesar de ello, se puede calcular un daño aproximado, debido a que la actividad del transporte resulta en emisiones de gases de tipo invernadero como pueden ser el dióxido de carbono (CO2), el óxido nitroso (N2O), y el metano (CH4).

Para poder realizar este cálculo, se estudian las siguientes variables:

- Los gases de tipo invernadero emitidos por cada tipo de vehículo.
- Información referente a los rendimientos de los vehículos.
- Costes del cambio climático por tonelada de CO2. El cálculo de los cuales es de gran dificultad, y siempre es considerado en valores aproximados.

Con los resultados obtenidos de los estudios realizados por la Comisión Europea, se puede ver en la Tabla 6, que el transporte de mercancías por carretera realizado con HGV genera unas externalidades menores en el medio ambiente, que en el caso de usar LCV. Dicho resultado es debido a que el reparto de carga por kilómetro transportado es mucho más eficiente que en el caso de realizar rutas de corta distancia (reflejado en la columna "€-cent per tkm".

Tabla 6: costes externos causados al medio ambiente.

	Total costs EU28	Average	e costs
Passenger transport	Billion €	€-cent per pkm	€-cent per vkm
Passenger car	55.56	1.18	1.90
Passenger car – petrol	32.02	1.22	1.97
Passenger car – diesel	23.54	1.12	1.80
Motorcycle	1.47	0.89	0.94
Bus	0.84	0.47	8.83
Coach	1.61	0.44	8.66
Total passenger road	59.49		
Passenger train diesel	0.22	0.34	20.1
Total passenger transport	59.71		
Freight transport	Billion €	€-cent per tkm	€-cent per vkm
LCV	13.17	3.98	2.75
LCV – petrol	0.71	3.76	2.56
LCV – diesel	12.45	3.99	2.77
HGV	9.63	0.53	6.48
Total freight road	22.79	l	
Freight train diesel	0.24	0.25	112.4

Fuente: Comisión Europea, 2019.

Igual que en el apartado anterior, en el mismo documento se recogen los costes marginales producidos en el cambio climático a raíz de la actividad del transporte terrestre de mercancías. Estos datos se pueden encontrar en el Anexo 2 de este mismo documento.

En ella se puede apreciar un resultado muy similar al visto anteriormente, donde los HGV que funcionan con LNG, cuentan con mejores resultados en los diferentes casos estudiados (Autopista, carretera urbana, otros tipos de carreteras).

## 2.3 Tecnologías alternativas al motor de combustión.

España cuenta con el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030, emitido por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020). En este se aborda el plan a seguir de cara al 2030 con la finalidad de reducir el consumo energético basado en

combustibles fósiles, y busca la promoción del uso de biocombustibles, y fuentes alternativas que permitan disminuir la emisión de gases nocivos.

Debido a que es complicado realizar un cambio drástico en el consumo de energía, la forma más correcta de hacer esta transición es integrando tecnologías de diferentes tipos de una forma paralela. Las energías basadas en fuentes renovables, y las convencionales basadas en combustibles fósiles. (Struben J., & Sterman J., D., 2008)

A pesar de estas visiones tan positivas de cara a la evolución en el ámbito de los combustibles, hay que destacar que en la actualidad solamente existen 2 tipos de combustibles alternativos que permiten no generar emisiones de diferentes gases, tal y como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7: comparativa de emisiones.

	NOx	PM10(*)	PM10(**)
	(mg/km)	(mg/km)	(mg/km)
Dièsel (euro 6)	<b>74</b> (306,4)	0,03 (1,8)	15
Dièsel (euro 5)	<b>137,4</b> (876,6)	0,14 (1,8)	15
Dièsel (euro 4)	<b>221,6</b> (712,7)	19,4 (36,6)	49,8
Benzina	<b>16,6</b> (48,2)	0,71 (1,1)	14,3
HEV	<b>5,8</b> (12,2)	0,03 (0,0)	13,1
PHEV	9,6	0	13,1
BEV	0	0	13,1
GNC (bifuel)	<b>16,8</b> (48,9)	0 (1,1)	14,3
GLP (bifuel)	<b>18,4</b> (48,9)	0 (1,1)	14,3
FCEV	0	0	13,1

<sup>(\*)</sup> Únicament emissions pel tub d'escapament.

Fuente: Institut Català d'Energia, 2015.

<sup>(\*\*)</sup> Inclou emissions pel tub d'escapament i pel desgast de components del vehicle (frens, pneumàtics) i paviment. En negreta hi ha els valors d'homologació de vehicles presentats a l'informe de la plataforma LIVE sobre tecnologies eficients. La resta són els valors d'emissions de la guia catalana de factors d'emissió de la Generalitat basada en la metodologia de l'Agència Europea de Medi Ambient EMEP/EEA derivada de nombrosos mesuraments experimentals de vehicles.

Por ello, en dado momento hay que seguir haciendo uso de otros combustibles que emiten gases nocivos para el medio ambiente, pero en cantidades menores que las de los motores convencionales.

## 2.3.1 Tecnologías dependientes de combustibles fósiles.

## 2.3.1.1 Gas Natural (GN).

El Gas Natural (GN) cuenta con grandes reservas alrededor del planeta. Debido a que cuentan con gran abundancia en muchos países, esto disminuye el riesgo de crisis energética, ya que se considera que el 80% de la producción mundial de GN es consumida localmente. (Kowalewicz, A., & Wojtyniak, M. (2004).

El Gas Natural está formado por diferentes gases: en un 80 - 98% es gas metano, 1 - 8% gas etano, un 2% propano, y en menos de un 1% gas butano y pentano. Esta composición siempre dependerá de la fuente de la que se extraiga. (Guibet J. C., & Faure-Birchem E., 1997)

Como explican Kowalewicz, A., & Wojtyniak, M. (2004), Actualmente, el GN puede ser usado de dos formas diferentes como combustible para vehículos:

- Cuando es usado en su forma gaseosa, este se comprime a temperatura ambiente y se le denomina Gas Natural Comprimido (GNC).
- En el caso de refrigerarlo hasta la temperatura de -161 C a presión atmosférica, se le denomina Gas Natural Licuado (GNL). Cuando este gas es licuado, se produce una purificación de sus componentes, así aumentando su contenido en metano.

Según Polóni M., et al, (2003), los vehículos que funcionan con estos gases tienen unas emisiones más bajas de CO y NOx, pero más elevadas de HC. Además, estos motores cuentan con menos potencia y menor aceleración.

VOLVO (2022), especifica en su portal web, que en caso de usar GNC o GNL, las emisiones de CO2 pueden disminuir entre un 15-20%. Además, estos mismos modelos pueden ser usados con biogás, con el cual las emisiones de CO2 pueden disminuir hasta un 75-90%. Según el fabricante, sus modelos de GNC pueden contar

con autonomías de hasta 500 Km, mientras que los de GNL pueden llegar a los 1.000. IVECO (2022), y SCANIA (2022), también muestran unas autonomías similares en sus portales web.

A día de hoy la red de gasineras españolas está bajo un crecimiento constante año tras año. La red de puntos de Gas Natural Vehicular ya cuenta con 166 puntos repartidos por la península, de los cuales 100 corresponden al GNC, y 66 al GNL.

El Grupo HAM es uno de los principales promotores de la red de gasineras en nuestro país. Por ello, dentro del marco de este proyecto se ha realizado una visita a una de sus gasineras con un miembro del equipo. Durante esta visita se ha realizado una entrevista sobre el ámbito tratado en este proyecto, la información de la cual se usa para cumplimentar puntos de este proyecto.

## 2.3.1.2 Gas Licuado del Petróleo (GLP)

El Gas Licuado del Petróleo (GLP) cuenta con diferentes variaciones en su composición en diferentes países del mundo, pero generalmente cuenta con una mezcla de propano y butano. Este gas es un producto extraído de las refinerías del petróleo, o la purificación del GN. Debido a que, en gran parte de su origen, es extraído de la purificación del petróleo, su uso lleva a consumir el petróleo de una forma directa, así no disminuyendo sus extracciones. (Kowalewicz, A., & Wojtyniak, M., 2004).

Kowalewicz, A., & Wojtyniak, M. (2004) menciona que los tanques de GLP no deben de ir a prisión, debido a que siempre es almacenado en estado líquido. Además, cuenta con un octanaje superior a las opciones mencionadas anteriormente, por ello sus motores son más eficientes y potentes, pero, emiten menos CO2 que un motor de gasolina.

Según Gola M. (2002), los motores que funcionan con GLP presentan unas emisiones considerablemente menores en NOx y CO2 debido a que la temperatura de combustión es menor, pero las emisiones de HC son más elevadas.

Sin embargo, a nivel europeo no existe ningún fabricante de camiones que emplee este tipo de combustible en sus modelos.

#### 2.3.2 Combustibles alternativos.

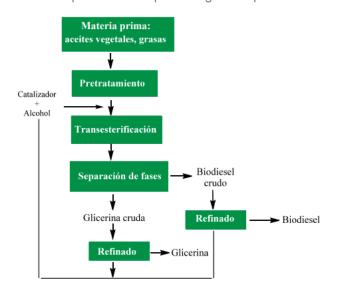
Actualmente la mayoría de los combustibles alternativos disponibles en el mercado provienen de la biomasa, es decir de plantas, restos de la agricultura, bosques o algas. Estos materiales son procesados y con ellos se generan combustibles que pueden ser empleados para motores de combustión. La producción de estos combustibles es altamente costosa a días de hoy debido a los impuestos que existen sobre ellos, y por ello su precio de venta es superior a los combustibles fósiles. (Kowalewicz, A., & Wojtyniak, M. 2004).

#### 2.3.2.1 Biodiésel

Tal y como indica su nombre, el biodiésel se puede considerar una fuente energética similar al petróleo convencional conocido hasta el día de hoy, pero con la gran diferencia de estar producido en base a materiales favorables para el medio ambiente. (Knothe G., et al., 2006)

Según indica Iliana Ernestina Medina Ramírez, et al, (2012), la forma más común de sintetizar este tipo de combustibles está basado en un proceso químico llamado "transesterificación". En este proceso el triglicérido usado para producir el combustible (como puede ser aceite vegetal, o grasa animal), crea una reacción con el alcohol (en la mayoría de los casos, metanol) y un catalizador.

La mezcla obtenida se deja reposar, y luego se destila, con el fin de separar el excedente de alcohol y eliminar el glicerol, y así obtener el producto final. En el Esquema 1, se indica gráficamente el proceso que se sigue para obtener este producto.



Esquema 1: representación esquemática del proceso general para la obtención de biodiesel.

Fuente: Ramírez, I. E. M., Vela, N. A. C., & Rincón, J. J. (2012). Biodiesel, un combustible renovable. (2012).

Como se ha mencionado anteriormente, para la producción del biodiesel se usan principalmente aceites vegetales, y grasas animales. En el Manual del biodiesel publicado por Knothe G., et al, (2006), se presentan las principales fuentes de biodiésel citadas en artículos científicos, que se representan en el Gráfico 4:

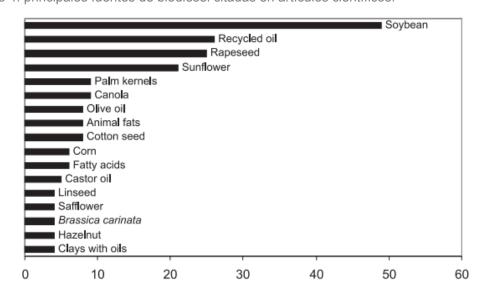


Gráfico 4: principales fuentes de biodiesel citadas en artículos científicos.

Fuente: Knothe, G., van-Gerpen, J., Pereira, L., & Krahl, J. (2006). Manual de biodiesel (No. P 06 7).

Se puede apreciar que la totalidad de las fuentes mencionadas son provenientes de aceites naturales, ya sean de tipo vegetal o animal, así marcando una clara diferencia con el petrodiesel.

Los mismos autores de la fuente anterior, mencionan que el uso de este tipo de combustible permite reducir en gran medida las emisiones de Monóxido de Carbono (CO), pequeñas partículas (PM) y Hidrocarburos Totales (THC). Sin embargo, las emisiones de NOx y SOF (Fracciones Orgánicas Solubles) no experimentan un descenso tan notable.

Por otro lado, destacan que las emisiones de CO2 son prácticamente idénticas a las del gasóleo A, pero hay que tener en cuenta las características renovables que hay detrás de la producción del biodiesel y sus fuentes usadas.

La principal ventaja que presenta el biodiésel respecto al resto de combustibles alternativos, es el hecho de poder usarlo en los vehículos diésel convencionales que se han usado hasta el día de hoy. Por lo tanto, no hace falta realizar ningún tipo de modificación al motor, o adquirir un vehículo nuevo. (Xue, J., et al, 2011)

## 2.3.2.2 Biogás

La producción de biogás se realiza a través de un proceso que permite generar energía renovable a través de la revalorización de los residuos orgánicos. El proceso utilizado se llama "digestión anaerobica", en la cual diferentes microorganismos descomponen la materia orgánica. (Kougias P. G., & Angelidaki, I.,, 2018) El producto obtenido, tiene unas propiedades similares al metano derivado de productos del petróleo. Este combustible puede ser distribuido tanto en estado líquido como gaseoso. Aunque, en el caso tratado en este proyecto, es más conveniente hacer uso de él en estado líquido, ya que ofrece un rango mayor a los vehículos que lo usan. (Takman J., & Andersson-Skold Y.,, 2021)

Igual que en el punto anterior, las fuentes usadas para producir este combustible provienen de la naturaleza, y permiten crear una economía circular, con el fin de generar un residuo 0.

El biogás está formado prácticamente al 75% por metano, mientras que el resto es CO2. Cuando el metano combustiona, se transforma en CO2. A primera vista, esto puede sonar alarmante, pero el CO2 obtenido en este caso está encuadrado dentro del ciclo corto del carbono, por lo tanto este es natural y es benigno para la atmósfera, a diferencia del que procede de la energía fósil. (AGF, 2017)

Sofia Dahlgren, et al, (2019), explica que Suecia es uno de los países donde el uso de biogás más se ha extendido en los últimos años. La producción de biogás contribuye a reducir la cantidad de residuos generados por la población, y a contribuir a la economía circular, la cual es muy importante hoy en día. Su uso ya se ha implementado al 54% en el consumo total de la población, pero a pesar de ello, el sector del transporte aún cuenta con un claro retraso. Con el fin de promover su adopción en el sector, el gobierno ha empezado a promover una exención en el pago de los impuestos para estos vehículos.

Tal y como ha explicado Joan Marquillas del Grupo HAM, este recurso puede ser usado en motores de GNC o GNL sin ningún tipo de modificación. Hoy en día hay tres fabricantes que ofrecen modelos que pueden hacer uso de este recurso: IVECO, SCANIA, y VOLVO.

## 2.3.2.3 Hidrógeno

El hidrógeno es una de las fuentes de energía en las que más esperanza hay depositada para garantizar la reducción de gases invernaderos en el planeta. (Mato Porto Pedro, 2021)

Este elemento químico es un gas inodoro e incoloro, y que en condiciones normales se conoce como la sustancia más inflamable de la tabla periódica. El H2 se transforma en agua cuando reacciona con el oxígeno a través de un proceso lento, el cual puede ser acelerado con un catalizador o una chispa eléctrica, así generando una explosión. (Lenntech, 2021)

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020), clasifica este combustible en tres categorías diferentes, dependiendo del tipo de fuente usado para su obtención:

- Hidrógeno verde: se genera con electricidad que proviene de fuentes renovables, y la materia principal usada es el agua, el biogás o la biomasa.
- Hidrógeno azul: se genera usando gases derivados del petróleo, como puede ser el gas natural, el metano u otros. Se le aplican procesos químicos para reducir su cantidad de CO2.
- Hidrógeno gris: su producción usa las mismas fuentes que la categoría mencionada anteriormente, pero sin aplicar las técnicas de reducción de CO2.
- Hidrógeno negro: se genera usando carbón, energía nuclear y electroidad generada por fuentes no renovables. Hoy en día es el más popular.

Por ello, el uso del hidrógeno no siempre significa contribuir a la descarbonización del medio ambiente. Es de vital importancia saber de dónde proviene, y cómo ha sido obtenido.

Linares Hurtado J. I., y Moratilla Soria B. Y., (2007), explican que a nivel medioambiental el uso del hidrógeno puede ayudar a mejorar la situación drásticamente. Ya que, su ciclo de vida podría no generar ningún tipo de impacto en el planeta en caso de obtenerlo usando energías renovables. Un motor que combustiona con hidrógeno, solo genera vapor de H2O.

A pesar de presentar unas expectativas muy buenas, actualmente no existen modelos de camiones dedicados al transporte de mercancías que funcionan con celdas de combustible que usen este elemento químico para generar electricidad, o que lo usen como combustible. Algunos fabricantes como DAF y Toyota han anunciado que cuentan con prototipos que se están probando, pero aún no han llegado al mercado popular.

#### 2.3.2.4 Electricidad.

Los vehículos eléctricos, usan esta fuente de energía para su funcionamiento a través de baterías que tienen que ser cargadas. A diferencia de los vehículos convencionales, estos no tienen tubo de escape, y por lo tanto no emiten ningún tipo de gas contaminante. (Mom G. 2013)

Actualmente, viendo las alternativas existentes en el mercado, y a pesar de que los vehículos pesados que funcionan con gasóleo son mucho más eficientes, este tipo de vehículos son lo únicos que permiten reducir drásticamente la curva de generación de CO2 en la Comunidad Europea. (Capros P., et al, 2016)

Uno de los principales problemas con los camiones de gran tonelaje eléctricos, es la autonomía con la que pueden contar. A diferencia de los camiones de reparto, o los autobuses locales, los HGV están pensados para grandes distancias y pesos muy elevados, por ello es requerida una autonomía mínima de 300 Km. (Earl T., 2018)

Delgado, O., et al, (2017), explica que la flota europea de camiones convencionales cuenta con un consumo medio de 33L/100Km, teniendo en cuenta las nuevas implementaciones aerodinámicas, la mejora de los neumáticos, y la eficiencia de los motores. Pero, en el caso de contar con una flota de camiones eléctricos, su consumo podría equivaler a unos 28 L/100Km. Esto es debido a que los motores eléctricos permiten eliminar la pérdida de energía por el roce interno del motor.

Earl, T., et al, (2018), desarrolla que uno de los principales desafíos para adoptar la flota de vehículos eléctricos, es el poder sustentar a través de la red eléctrica la gran demanda de electricidad para la carga.

Un camión eléctrico pesado consume unos 1,44 kWh/Km en caso de circular a 90 km/h. Teniendo en cuenta que en Europa se cuenta en el 2013 con 4,5 millones de camiones, que recorren una media de 50.00 Km anuales, el consumo total sería de 324 TWh. (Papadimitriou G., et al, 2013) Esto equivale a poco más del 10% de la electricidad generada por la Unión Europea en el 2015. (Earl T., et al, 2018)

A pesar de ser una clara alternativa al motor de combustión, presenta una clara desventaja que para las empresas transportistas es de vital importancia. Para poder garantizar un buen rango de autonomía, es necesario el montaje de una gran cantidad de baterías de litio que ocupan espacio, y sobre todo peso. En cambio, los depósitos de gasoil, ocupan un espacio reducido y optimizado, y presentan una autonomía de más de 1.000 Km en la mayoría de los casos. (Gangloff J., et al, 2017)

Fabricantes como DAF (2022), MAN (2022) o Mercedes-Benz (2022), muestran en sus portales web sus camiones ligeros totalmente eléctricos, y con una autonomía de entre 200 y 300 km. Mientras que VOLVO (2022), es el único fabricante que ofrece un camión de gran tonelaje totalmente eléctrico, y con una autonomía de hasta 300 Km.

Dentro del marco de la electromovilidad, existe el proyecto eHighway desarrollado por Siemens, el cual busca electrificar las autopistas a través de catenarias, con el fin de dar una fuente de energía constante a los camiones. (Pérez Huertas, Ó., 2018) Esta alternativa aún está en desarrollo, y no cuenta con la infraestructura necesaria en España, por lo tanto no se contempla dentro de las alternativas posibles.

## 2.4 Barreras a la adopción de nuevas tecnologías.

Según un estudio realizado por Liu J., y Santos G., (2015), los vehículos que funcionan con combustibles fósiles son los más baratos, incluso después de contemplar los costes externos causados por la polución. Así complicando mucho la adopción por la sociedad de vehículos con tecnologías más amigables con el medio ambiente. En el mismo sentido, Greene D., (2014), encuentra que las principales barreras de adopción de los vehículos eléctricos son sus altos costes. Por ello, para que estas nuevas tecnologías empiecen a ser mejor contempladas entre los ciudadanos, son necesarias las ayudas y reducciones de impuestos por parte de los gobiernos.

Por ello, el principal obstáculo a destacar que existe actualmente, es el coste excesivo de las tecnologías que permiten al transporte ser un sector más limpio, comparado con las tecnologías usadas hasta hoy en día. (Hepburn, 2015)

Además, hay que tener en cuenta que las tecnologías emergentes suelen contar con diseños, y características, peores que las que ya están adoptadas y desarrolladas, y a

un coste superior. (Adner, 2002) Por ello, los primeros compradores de cualquier innovación, siempre son más propensos a asumir cualquier tipo de riesgo, pero cuentan con el deseo de tener algo diferente a los demás. (Rogers, 1995) Geels (2002), menciona que es muy importante tener un crecimiento temprano de la demanda, para así poder desarrollar el nicho de mercado, y mejorar los costes de producción, y llevar al siguiente nivel los modelos existentes.

Por otro lado, el desarrollo de las fuentes de energía alternativas para vehículos pasa a través de laboratorios de I+D donde se buscan formas de mejorar sus funcionamientos. Algunas de las tecnologías más prometedoras, como las pilas de hidrógeno o los vehículos completamente eléctricos, cuentan un gran camino por delante por explorar, y por ello, para apoyar este avance, es necesario el apoyo del gobierno con la finalidad de facilitar las investigaciones realizadas (US National Research Council, 2013).

Por otro lado, a raíz de la entrevista realizada a un miembro del Grupo HAM, se han confirmado algunas de las barreras que mencionan algunos autores. Joan Marquillas ha comentado que el precio de un camión de GN puede costar un 10% más caro que uno convencional. Además, una de los principales atractivos que existía hasta la fecha, era el precio €/Kg de gas, el cual a raíz de los acontecimientos sucedidos en la primavera del 2022 se ha visto incrementado en más de un 100%, así disminuyendo drásticamente este punto positivo. Y desde un primer punto de vista, ha mencionado la falta de infraestructura a nivel global para sustentar flotas de camiones a gas.

También, durante la visita a la gasinera se puede ver a simple vista la falta de estandarización que aún existe alrededor de estas tecnologías, ya que dependiendo del tipo de camión que se tenga, se tiene que repostar de una u otra forma. Esto es debido a que cada fabricante soporta el GNL en diferentes temperaturas, y por ello, no se puede administrar de una forma estándar.

#### 2.5 Conclusiones del marco teórico.

Tras el estudio de la literatura existente referente a los puntos marcados en el índice de este proyecto, concluimos que existe gran variedad de trabajos alrededor de los tópicos tratados. A pesar de ello, existe una gran carencia en cuanto a textos actualizados sobre combustibles alternativos, ya que muchos de los textos cuentan con más de 10 años de antigüedad, mientras que las tecnologías estudiadas han contado con unos desarrollos muy rápidos en los últimos años.

Se concluye que, actualmente existe un abanico de opciones que puede ser usado para sustituir el uso del diésel. En el punto 2.3 se han contemplado las tecnologías más populares que pueden sustituir los combustibles convencionales, y se han extraído las conclusiones en la Tabla 8.

Tal y como mencionan los fabricantes de los modelos disponibles en el mercado, la mayoría de las opciones presentes hoy en día tiene una mayor aplicación en rutas cortas y medias, ya que el rango de autonomía aún no es suficientemente grande. A pesar de ello, existen opciones puntuales donde se pueden conseguir autonomías que permiten realizar más de 1.000 Km sin repostar.

A pesar de existir alternativas, Kowalewicz, A., & Wojtyniak, M. (2004), explican que actualmente estas tecnologías son mucho más caras que las convencionales, ya que existen impuestos elevados para su producción y distribución. Además, de contar con unos costes de desarrollo elevados. Lo que supone un mayor precio para el consumidor, y por lo tanto una barrera de entrada que no todos están dispuestos de afrontar. Otro de los principales obstáculos es el desconocimiento respecto al tema, y la existencia de muchos mitos y mentiras que tiran hacia atrás a los compradores. (Jaffe A., et al, 2005)

Según Eszter Wirth (2016), una de las formas de abatir estas barreras de entrada es el uso de incentivos por parte del gobierno y diferentes instituciones. Ella expone en particular el caso de Noruega, donde el gobierno ha presentado ventajas para la compra de vehículos, reducciones de impuestos, acceso a puntos de recarga de vehículos eléctricos de forma gratuita, o la exención de pago en peajes. Mientras que

el precio para el diésel cuenta con impuestos elevados, para así desincentivar su compra.

Náñez Alonso (2020), explica una implementación similar por parte del gobierno en España. A pesar de ello, no se experimenta el mismo resultado que en el caso mencionado previamente.

Tabla 8: conclusiones extraídas del punto 2.3.

		ORIGEN	EMISIONE	s	VENTAJAS	DESVENTAJAS	OPCIONES EN EL
		ORIGEN	DISMINUCIÓN	AUMENTO		DESVENTAJAS	MERCADO
	Gas Natural Comprimido Reservas de GN de origen fósil, o derivados de las producción del petróleo.		CO2, NOx	нс	Bajo nivel de emisiones, menor coste del combustible, subvenciones e incentivos económicos, respotaje rápido, menor contaminación acústica. Posibilidad de tener una autonomía de 1.000 Kms con GNL.	Menor potencia de acceleración, coste de adquisición más caro que un motor diésel, falta de infraestructura para poder respotar,	Variedad de modelos por parte de diferentes fabricantes. Modelos adaptados a todo tipo de distancias.
	Gas Licuado del Petróleo	Refinación del petróleo.	CO2, NOx	нс	Cuenta con las mismas ventajas que el GN, además de tener mayor octanaje.	No cuenta con modelos	en el mercado europeo.
S	Biodiésel	Transesterificación de de grasas, aceites vegetales o animales.	CO, PM, THC, CO2	NOx, SOF	Posibilidad de repostar en un camión diésel convencional.	Precio superior al petrodiésel.	Cualquier motor diésel puede repostar con este combustible.
COMBUSTIBLES	Biogás	Digestión anaerobica de materia orgánica.	-	CO2 encuadrado dentro del ciclo corto del carbono.	Cuenta con las mismas características que el GN, pero este no es de origen fósil.	Precio superior al GN provinente de las reservas fósiles.	Los modelos de GN puede ser repostados con este tipo de gas.
	Hidrógeno	Electrolisis del agua, gasificación del carbon o la por transformación molecular.	Solo emite vapor de agua. Si la electrolisis se realiza con electricidad verde, el impacto medio ambiental es 0.	-	Silencioso, respetuoso con el medio ambiente, potente.	No cuenta con modelos en el mercado europe	
	Electricidad	Se puede producir usando fuentes renovables (energía fotovoltaica, hidraulica, eólica, etc), u fuentes no renovables (petróleo, carbón mineral, energía nuclear)	No tiene tubo de escape. En caso de que la electricidad estubiera producida por una fuente renovable, el impacto ambiental es 0.	-	Silencioso, O emisiones de gases, facilidad de mantenimiento.	Su "repostaje" implica una espera de +/- 1 hora. Autonomía inferior que la de los motores diésel.	Existen modelos de hasta 300 Km de autonomía para camiones de 40 tn, y módelos de menor autonomía para camiones ligeros de rutas cortas.

Fuente: elaboración propia.

## 3. Objetivos e hipótesis

## 3.1 Objetivos.

Tal y como se ha podido comprobar a los largo del punto 2.3, existen motores alternativos al de combustión interna usado hasta hoy en día. Durante el punto mencionado, se han mencionado hasta 6 posibles combustibles diferentes al diésel,

que podrían ser posibles substitutos. A pesar de ello, solo 4 cuentan con modelos disponibles en el mercado europeo.

Todas las opciones que cuentan con presencia en el mercado europeo, pueden ser usadas al menos para rutas de corta y media distancia (hasta 300 Km), y algunas de ellas se pueden usar para distancias superiores.

Viendo la baja adopción que hay actualmente en el país de este tipo de tecnologías, se quieren estudiar las barreras que ralentizan la adopción en masa para las flotas de transporte por carretera. Por ello, el objetivo de este proyecto es dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿Qué barreras tienen los transportistas españoles, para adoptar los motores de combustibles alternativos?

El análisis de las opiniones de los transportistas españoles es importante porque actualmente no existe ningún tipo de literatura que englobe el pensamiento general del sector, y que extraiga una conclusión que pueda ser usada para solucionar esta problemática.

Debido a que actualmente no existe ninguna base de datos que recopile las respuestas u opiniones respecto a este tema en el sector del transporte español, se realizará por cuenta propia este archivo. Seguido se usará el análisis estadístico para analizar los resultados.

#### 3.2 Hipótesis.

Hackbarth, A., (2016), explica en un estudio sobre el deseo de pagar más por tecnologías que contaminan menos, algunos de los factores que más influyen de cara al comprador. Uno de los más importantes, es el precio de la adopción de este nuevo combustible. En algunos casos, su adopción no implica ningún coste económico, ya que se puede usar en un motor de inyección convencional, mientras que en otros casos, se tiene que realizar alguna modificación, o se tiene que comprar directamente un vehículo nuevo. Por ello, la primera hipótesis planteada es:

Hipótesis 1: la adopción de los combustibles alternativos en España, está siendo lenta debido al coste que supone.

Por otro lado, Linzenich A. (2019), explica que uno de los factores que frena su adopción en Alemania, es el desconocimiento técnico respecto a los consumos, y al funcionamiento de la tecnología. Mientras que, Jaffe A., (2005), cuenta que a parte del desconocimiento general de la población, existen mitos y mentiras respecto al tema, que frenan su desarrollo. Por ello, la segunda hipótesis es:

Hipótesis 2: la adopción de los combustibles alternativos en España, se ve frenada debido al desconocimiento existente alrededor de estos nuevos combustibles.

## 4. Metodología y datos.

En España actualmente se computa un total de 172.129 empresas dedicadas al transporte terrestre de mercancías (Ministerio de Fomento, 2022). Debido a esta gran cantidad, y a la existencia de un tiempo limitado para realizar este proyecto, se realiza el estudio entre los transportistas ubicados en la comunidad autónoma de Cataluña.

Cataluña es la cuarta comunidad autónoma con mayor PIB a nivel nacional (INE, 2021), y con un total de 25.878 empresas dedicadas al transporte. (Ministerio de Fomento, 2022)

La metodología de este estudio es realizada a través de una encuesta enviada a transportistas con sede en Cataluña. Esta encuesta es creada usando la plataforma online Google Forms. Este formulario electrónico cuenta con un enlace de acceso, que es enviado a través del correo electrónico a los transportistas. Además, está respaldada con una entrevista realizada a Joan Marquillas del Grupo HAM.

Se establece en el 95% el nivel de confianza, mientras que el margen de error de la estimación es de 5%. Esto permite obtener la mayor aproximación a los valores verdaderos. Con el fin de extraer la cantidad necesaria de participación, para que la muestra sea significativa, se usa la página web QuestionPro. Teniendo en cuenta la

cantidad de transportistas presentes en dicha comunidad autónoma, el valor de la muestra es de 380.

Las respuestas obtenidas por parte de la muestra seleccionada, son analizadas con análisis estadísticos, con el fin de estudiar la muestra obtenida y ver las tendencias existentes.

Las primeras 8 preguntas del cuestionario, van dirigidas a conocer el público que las responde, con el fin de poder extraer una visión de los perfiles participantes, y sus relaciones con los combustibles alternativos. Seguido, el cuestionario se divide en dos partes.

La primera parte va destinada únicamente a aquellos transportistas que ya cuentan con al menos un camión que use alguna de las fuentes de energía mencionadas previamente. En esta sección, se busca ver la opinión de los encuestados respecto a las tecnologías que están usando.

La segunda parte, va destinada a los mencionados previamente, y a aquellos transportistas que no cuentan con ningún camión de las características mencionadas. A través de 11 preguntas, se busca ver la opinión al respecto, y los conocimientos existentes.

En el anexo 3 de este proyecto se puede encontrar la encuesta planteada a los transportistas.

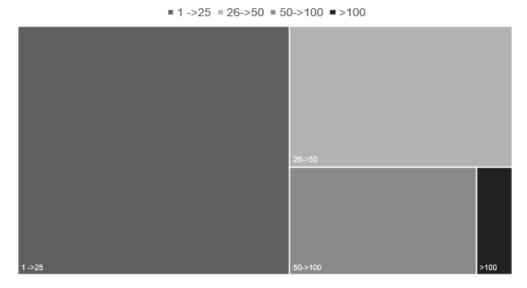
#### 5. Resultados.

Tras la difusión de la encuesta por diferentes medios, se ha conseguido un total de 382 respuestas por parte de diferentes transportistas. Se considera como una muestra útil para poder realizar el estudio planteado.

Las empresas que han respondido se han clasificado según su tamaño de flota. Vemos que el 54,7% corresponde a empresas que tienen menos de 25 camiones, y el 25,4% tiene entre 25 y 50, estos dos grupos son los mayoritarios, y son consideradas

pequeñas empresas. Según los datos obtenidos del Instituto de Estadística de Cataluña, el 99% de empresas que se dedican al transporte por carretera, son pequeñas empresas (Cataluña, 2021). Seguido se encuentran las medianas empresas, aquellas que tienen una flota de entre 51 y 100 camiones, con un 16,2%. Por último, el 3,7% restante, lo ocupan las grandes empresas que tienen flotas superiores a los 100 camiones.

Gráfico 5: tipos de flotas participantes en la encuesta.



Tipos de flotas participantes en la enquesta

Fuente: elaboración propia a raíz de los datos obtenidos de la encuesta enviada a transportistas.

Un análisis sobre la adopción de combustibles alternativos entre estas empresas, demuestra que tan solo un 2,6% tiene al menos un camión que funcione con una tecnología diferente al diésel.

Dentro de este reducido grupo, el 50% pertenece a medianas empresas, en segundo lugar el 30% a grandes empresas, y el resto a pequeñas empresas

Podemos apreciar que existe una fuerte relación entre la adopción de estas, y el tamaño de la empresa. Por ello, afirmamos que la adopción de estas tecnologías prolifera más entre las medias-grandes empresas.

El 58,06% de las empresas encuestadas que no disponen de camiones que no usen gasóleo, se han planteado la posibilidad de adquirir camiones que funcionen con gas natural o electricidad. Si contemplamos esta variable según los tamaños de las empresas, podemos ver lo siguiente:

- Flotas de 1-25 camiones: el 42,02% de las empresas se han planteado su compra. La principal barrera que ve este grupo es la razón económica en un 82,71% de los casos.
- Flotas de 26-50 camiones: un 74.22% de las empresas ha planteado su adquisición. En esta franja la razón económica también predomina, pero con un 54,16%, seguida de unas prestaciones insuficientes que aumentan hasta el 36,11%.
- Flotas de 51-100 camiones: una mayoría del 82,45% ha planteado la compra de este tipo de vehículos. En este caso las prestaciones ofrecidas pasan a ocupar la primera barrera de entrada con un 63,82%.
- Flotas de más de 100 camiones: un 90,90% ha contemplado implementar un vehículo de los tipos estudiados. En esta franja las prestaciones siguen ocupando el primer lugar, y la opción de otras razones ocupa el segundo. En este caso uno de los transportistas encuestados ha afirmado que la principal razón por la que no operan con este tipo de camiones es la falta de infraestructuras a nivel global. Esta falta de infraestructuras no les permite operar con total seguridad en su día a día. O la falta de kilometraje para poder completar sus rutas diarias sin interferir con el tacógrafo.

En el Gráfico 6, podemos ver visualmente la relación existente entre los datos mencionados previamente. Vemos que las pequeñas empresas cuentan con la barrera económica como mayor problemática, mientras que como más grandes son las flotas, esta problemática pasa a ser menos relevante. La falta de prestaciones se puede ver que cuenta con mayor popularidad entre las empresas grandes, mientras que para las pequeñas no tanto.

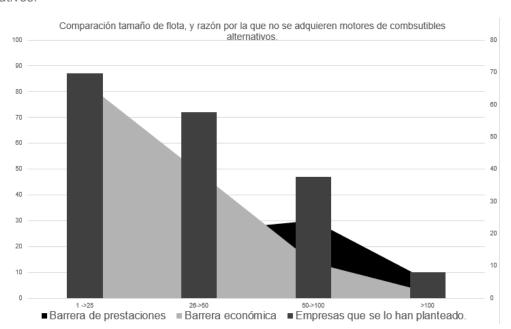


Gráfico 6: comparación tamaño de flota, y razón por la que no se adquieren combustibles alternativos.

Fuente: elaboración propia a raíz de los datos obtenidos de la encuesta enviada a transportistas.

Este cambio de prioridades a la hora de implementar un camión de estas características puede ser debido al tipo de estrategia llevado según el tamaño de la empresa. Las pequeñas empresas, suelen ser empresas familiares que buscan subsistir de cualquier forma, y los gastos económicos se sitúan en primer lugar. En cambio las medianas empresas y grandes empresas buscan diferenciarse en el mercado, y que puedan satisfacer las peticiones de los clientes en el ámbito medio ambiental.

Como se ha explicado en el marco teórico, el desconocimiento y la existencia de mitos, puede ralentizar la aceptación de estos nuevos motores. Entre los encuestados se ha visto que una gran mayoría conoce la existencia de las posibles alternativas existentes en el mercado.

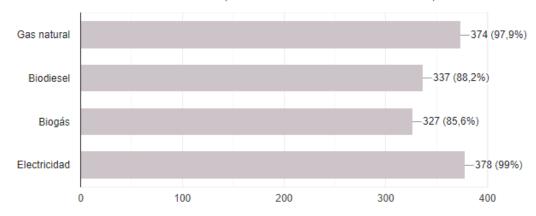


Gráfico 7: conocimiento entre los transportistas sobre la existencia de las posibles alternativas.

Fuente: datos obtenidos de la encuesta realizada a transportistas.

A pesar de existir un alto nivel de conciencia y conocimiento de las posibles opciones, el conocimiento de sus características y prestaciones se ve reducido en el caso particular del GN. Uno de los principales aspectos analizados ha sido el conocimiento de las autonomías que pueden ofrecer estos vehículos.

Los vehículos que funcionan solamente con gas natural pueden contar con una autonomía de 1.000 km. Estos motores son la principal opción hoy en día para sustituir el diésel, y podrían ser implementados en la actividad diaria de la gran mayoría de empresas. Sin embargo, se ha experimentado un claro desconocimiento sobre el tema, ya que entre los resultados obtenidos predomina la respuesta de una autonomía menor de 500 Km con un 50,5%, seguida con un 24,6% de una autonomía de menos de alrededor de 1.000 Km.

Además, hasta inicios del 2021, el precio del gas natural vehícular costaba la mitad de lo que cuesta hoy en día, así actuando como factor clave para atraer a nuevos consumidores.. A raíz de la crisis energética vivida, y de la influencia causada por la invasión de Rusia a Ucrania, el precio del GN se ha situado un 10% por debajo del diésel. En la encuesta se ha podido ver que la gran mayoría de transportistas conocía el estado del precio del kg/€ de gas.

Según los datos del Grupo HAM, los principales consumidores de sus gasineras son camiones ligeros de GNC, que trabajan para grandes grupos de supermercados, haciendo reparto, y entregas de corta distancia. Seguidos de camiones pesados de GNL, que realizan rutas internacionales cerradas. En la

mayoría de casos, estos camiones son usados por petición del cliente, con el fin de mantener un estándar de calidad, pero en pocos casos por conciencia con el medio ambiente.

- Por otra parte, los motores eléctricos y dual fuel, sí que han contado con un mayor nivel de conocimiento.

Los motores eléctricos tienen autonomías inferiores a los 300 Km, y esta respuesta ha predominado con un 69,6%. Mientras que los motores dual fuel, pueden contar con autonomías superiores a los 1.000 Km, y esta opción ha contado con una mayoría del 82,2%.

En cuanto al uso y popularidad del biodiésel, se ha visto una clara tendencia a no usarlo, por el hecho de tener un coste demasiado elevado. Esto marca una clara barrera para su adopción entre los transportistas, para los cuales prevalece en primer lugar la gestión de costes operativos.

El motor eléctrico es una de las principales opciones que está ganando popularidad en el día a día de los vehículos particulares, y que podría ser una alternativa en el mundo del transporte. Como se ha reflejado previamente, estos vehículos cuentan con una autonomía menor a los 300 Km, y los transportistas son conscientes de ello. Sin embargo, esta opción ofrece una reducción de la contaminación acústica que otros no. Esta característica puede ser un atributo clave para que algunas empresas se vean interesadas.

Entre las compañías que han respondido, hay un total de 68 empresas que se dedican al transporte en horario nocturno, y un 83,8% de ellas lo hace en distancias cortas. Este público podría ser un potencial consumidor de este tipo de motores.

Por otro lado, el 54,9% de las empresas solamente trabaja a nivel nacional, y el 91,4% de ellas reconoce que un camión con una autonomía de 500 km le puede ser útil. Por lo tanto, estas empresas podrían sustituir sus camiones por versiones de GN, sin verse afectados por las autonomías de los vehículos.

En la exploración realizada se han contado con 10 empresas que sí han adoptado un motor diferente al gasóleo.

A pesar de ver dos perfiles distintos, ambos coinciden en que el esfuerzo económico para adoptar este tipo de tecnologías es superior al de un camión convencional. Pero, se encuentran satisfechas con las autonomías, y tienen previsto adquirir más camiones de las características estudiadas.

No obstante estar satisfechos con estos modelos, solamente el 10% afirma que tendrá una flota totalmente basada en combustibles alternativos antes del 2030%. Una de las causas, puede ser el mayor esfuerzo económico a realizar para adquirir y mantener estos vehículos.

Muchos de los resultados obtenidos de esta encuesta y en el global del marco teórico, pueden ser contrastados con los puntos tratados con Joan Marquillas, miembro del Grupo HAM. En la entrevista realizada se ha mencionado el factor de que las empresas pequeñas no pueden afrontar el gasto de adquirir un camión de estas características, mientras que las grandes empresas buscan diferenciarse, cumplir con peticiones establecidas por grandes clientes, y por conciencia con el medio ambiente.

El Grupo HAM lleva más de 20 años dedicándose al sector del Gas Natural Vehícular, y a pesar de ello, reconocen que hay una gran falta de inversión en el desarrollo de este recurso, y en las formas de gestionarlo.

En esta misma entrevista se comentó el factor de la falta de estandarización, y se comprobó en una de sus gasineras. Como se puede ver en la Imagen 1, en los surtidores es necesario escoger el tipo de fabricante del camión antes de repostar, debido a que el GNL se administra a diferentes presiones en cada caso.



Imagen 1: selección de fabricantes en una gasinera HAM.

Fuente: elaboración propia.

Con la información obtenida, podemos valorar las hipótesis planteadas en el punto 3.2 de este proyecto.

Las pequeñas empresas no se deciden por la adquisición de camiones de GN o electricidad por el coste que supone en primer lugar. Mientras que, las medianas y grandes empresas que ya han adquirido camiones de estos tipos, manifiestan que el esfuerzo económico a realizar para su compra y mantenimiento es superior al de un camión de motor diésel. Por lo tanto, la hipótesis 1 se da por confirmada.

En segundo lugar, la hipótesis 2 ha obtenido diferentes resultados a raíz de la existencia de diferentes combustibles. Como cualquier nueva aparición en el mercado, estos motores cuentan con un gran desconocimiento y dudas alrededor de ellos. Es apreciable una falta de conocimiento entre las empresas respecto al Gas Natural, esto nos permite no rechazar dicha hipótesis en este caso. En el caso de la electricidad, los dual fuel y el biodiésel, se ha comprobado un alto nivel de conocimiento, por lo tanto se rechaza en estos casos.

### 6. Conclusiones y recomendaciones.

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030, establece un camino a seguir para reducir el consumo energético basado en combustibles fósiles, y potenciar el consumo de otras fuentes energéticas.

El sector del transporte por carretera es uno de los principales focos en los cuales este plan debe ser aplicado, con el fin de reducir las emisiones de gases invernadero. Aunque, a pesar de existir alternativas viables, a nivel nacional se cuenta con una adopción extremadamente baja.

Cataluña es usada como punto de estudio para ver la popularidad de estas tecnologías, y se observa que solamente un 2,6% de los encuestados cuenta con camiones alternativos al diésel. Este resultado puede ser comparado con la situación global del país, ya que las pequeñas empresas predominan igual que en Cataluña. Las medianas y grandes empresas son aquellas que han introducido estos nuevos motores en sus flotas, o quienes más se lo plantean de cara al futuro. Por ahora, aquellas que aún están en proceso de introducirlos, ven como principal barrera la falta de infraestructura y unas prestaciones que no son útiles para los servicios realizados. Mientras que las pequeñas empresas ven la barrera económica como principal factor.

Para demoler estas barreras, hay que dar soluciones a los consumidores. En este caso, ofreciéndoles vehículos que cuenten con prestaciones útiles, y a precios competitivos para cualquier tamaño de empresa.

Actualmente, el mercado de los vehículos eléctricos aún no cuenta con una cualidades que puedan ser óptimas para su uso diario. Sin embargo, los motores de GN si. El GNC es más fácil de manipular, pero debido a su estado gaseoso, los vehículos que hacen uso de él tienen una menor autonomía (máxima de 500 Km), mientras que el GNL tiene ciertas complicaciones a la hora de almacenarlo y distribuirlo, pero ofrece la posibilidad de recorrer hasta 1.000 Km sin repostar.

Por la gran abundancia de Gas Natural en el planeta, y las prestaciones existentes hoy en día, este combustible es la única alternativa viable que existe para los transportistas, pero su precio de adquisición y mantenimiento es más elevado.

Sin embargo, hay que entender que el Gas Natural no deja de ser un combustible fósil, y no permite descarbonizar el planeta, igual que su versión *bio*. El hidrógeno verde es una de las esperanzas para promover el uso de la electricidad, pero aún queda un largo camino por recorrer.

La implementación de políticas públicas que faciliten la adquisición de vehículos con motores alternativos, y rebaje los impuestos para su gestión, podría abrir las puertas para algunas empresas. Mientras que la mejora de prestaciones pasa por las empresas fabricantes, los laboratorios de I+D, y una adopción masiva que hoy en día es complicada a falta de la estandarización.

Los fabricantes, y los laboratorios de I+D juegan un gran papel en la propagación del uso de este tipo de combustibles, ya que son los principales actores que colaboran en la mejora de la tecnología. El desarrollo de una nueva tecnología es un proceso difícil, y costoso económicamente, que muchos fabricantes no están dispuestos a asumir. Una correcta intervención del estado puede ayudar en la investigación y desarrollo de este tipo de combustibles.

Además, una vez estos combustibles cuenten con unas características atractivas para los transportistas, permitirá que se popularicen, y por consiguiente los posibles compradores se informen sobre sus capacidades con más interés.

Por otro lado, estas fuentes de energía cuentan con una falta de infraestructura a nivel global. En el 2022, se cuentan con 166 gasineras a nivel nacional, lo cual no es suficiente.

Los cargadores eléctricos cuentan con aún menos instalaciones que puedan permitir a los transportistas recargar sus baterías, de hecho, según un estudio realizado por ACEA (2022), España se sitúa como el quinto país a nivel europeo que más puntos de

recarga debe instalar. Se estima que de cara al 2027, deberá instalar 282 puntos de recarga repartidos por todo el país, con el fin de dar soporte en los principales puntos de parada de los transportistas.

Esta falta de infraestructura también se puede ver en el resto de países europeos, por ello es un problema global.

En conclusión, las recomendaciones de políticas públicas a aplicar son: en primer lugar, establecer un sistema de subsidios públicos para las pequeñas empresas; y en segundo lugar, destinar fondos a financiar proyectos que permitan el desarrollo y estandarización de las tecnologías.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, este proyecto da pie a otros posibles estudios en este ámbito, que permitan profundizar en las causas y posibles soluciones. Algunos de los posibles puntos a desarrollar son:

- Estudiar entre los transportistas pequeños cómo actuarían en caso de contar con políticas públicas que les ayuden a implementar el uso de estos combustibles.
- El estudio del desarrollo de la red española de gasineras, y puntos de recarga eléctricos para camiones.
- La investigación sobre diferentes proyectos que se centran en desarrollar tecnologías que permitan descarbonizar el sector del transporte, y dar visibilidad a estos.

### 7. Bibliografía.

ACEA, Vehicles in use, Europe. (2022). Recuperado 12 febrero 2022, de <a href="https://www.acea.auto/files/ACEA-report-vehicles-in-use-europe-2022.pdf">https://www.acea.auto/files/ACEA-report-vehicles-in-use-europe-2022.pdf</a>

ACEA, Electric trucks: new data maps out priority locations for charging points (2022). Recuperado 25 mayo 2022, de

https://www.acea.auto/press-release/electric-trucks-new-data-maps-out-priority-location s-for-charging-points/

Adner, R., 2002. When are technologies disruptive? A demand-based view of the emergence of competition. Strateg. Manag. J. 23, 667–688. https://doi.org/10.1002/smj.246

AGF, Ingeniería de procesos. (2017). Recuperado 20 enero 2022, de https://agfprocesos.com/biogas-los-gases-efecto-invernadero-gei/

Capros, P., De Vita, A., Tasios, N., Siskos, P., Kannavou, M., Petropoulos, A., ... & Kesting, M. (2016). EU Reference Scenario 2016-Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050. Recuperado de:

http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/13656/1/REF2016\_report\_FINAL-web.pdf

Cataluña, Institut d' Estadística de Catalunya (2021). Recuperado 25 mayo 2022, de:https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=975

CIMALSA, Observatorio de la Logística. Els indicados de competivitat del Sistema Logístic Català (2019) 14ª edición, Recuperado de: https://cimalsa.cat/observatori-logistica.php

Comisión Europea, Manual de los costes externos del transporte, Versión 2019 -1.1 https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/e021854b-a451-11e9-9d01-01aa 75ed71a1/language-en/format-PDF

Daf.co.uk. (s.f). Recuperado 21 diciembre 2021, de <a href="https://www.daf.co.uk/en-gb/trucks/alternative-fuels-and-drivelines">https://www.daf.co.uk/en-gb/trucks/alternative-fuels-and-drivelines</a>

Dahlgren, S., Kanda, W., & Anderberg, S. (2019). Drivers for and barriers to biogas use in manufacturing, road transport and shipping: a demand-side perspective. *Biofuels*, 1-12. https://doi.org/10.1080/17597269.2019.1657661

Davis, B. A., & Figliozzi, M. A. (2013). A methodology to evaluate the competitiveness of electric delivery trucks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 49(1), 8-23. https://doi.org/10.1016/j.tre.2012.07.003

Dechezleprêtre, A., Martin, R., & Mohnen, M. (2014). Knowledge spillovers from clean and dirty technologies. Recuperado de:

https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2013/10/WP135-Knowledg e-spillovers-from-clean-and-dirty-technologies.pdf

Delgado O, Rodríguez F, Muncrief AR. Fuel Efficiency Technology in European Heavy-Duty Vehicles: Baseline and Potential for the 2020–2030 Time Frame. The ICCT; 2017. Recuperado de:

https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-HDV-Tech-Potential\_ICCT-white-paper 14072017 vF.pdf

Earl, T., Mathieu, L., Cornelis, S., Kenny, S., Ambel, C. C., & Nix, J. (2018, May). Analysis of long haul battery electric trucks in EU. In *8th Commercial Vehicle Workshop* (pp. 17-18). Recuperado de:

https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/20180725\_T&E\_Battery Electric Trucks EU FINAL.pdf

ECHA, European Chemicals Agency. (2017). Information on Chemicals - Recuperado 17 diciembre 2021, de https://echa.europa.eu/information-on-chemicals

EU Science Hub - European Commission. 2021. Recuperado 17 enero 2022, de https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/renewable-energy-recast-2030-red-ii

El País. (2022, 9 marzo). Crisis energética y Europa. Recuperado 10 de abril de 2022, de https://elpais.com/opinion/2022-03-09/crisis-energetica-y-europa.html

Energy - European Commission. 2021. Recuperado 17 enero 2022, de <a href="https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/national-energy-climate-plans">https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/national-energy-climate-plans</a> en

Fiebig, M., Wiartalla, A., Holderbaum, B., & Kiesow, S. (2014). Particulate emissions from diesel engines: correlation between engine technology and emissions. *Journal of occupational medicine and toxicology*, *9*(1), 1-18.

https://doi.org/10.1186/1745-6673-9-6

Gangloff, J. J., Kast, J., Morrison, G., & Marcinkoski, J. (2017). Design space assessment of hydrogen storage onboard medium and heavy duty fuel cell electric trucks. *Journal of Electrochemical Energy Conversion and Storage*, *14*(2). https://doi.org/10.1115/1.4036508

García-Olivares, A., Solé, J., & Osychenko, O. (2018). Transportation in a 100% renewable energy system. *Energy Conversion and Management*, *158*, 266-285. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.12.053

Gencat, (2019), Recuperado 27 febrero de 2022, de <a href="https://mediambient.gencat.cat/ca/05\_ambits\_dactuacio/atmosfera/qualitat\_de\_laire/principals\_contaminants/">https://mediambient.gencat.cat/ca/05\_ambits\_dactuacio/atmosfera/qualitat\_de\_laire/principals\_contaminants/</a>

Greene, D. L., Park, S., & Liu, C. (2014). Analyzing the transition to electric drive vehicles in the US. *Futures*, *58*, 34-52. https://doi.org/10.1016/j.futures.2013.07.003

Geels, F., 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. Res. Policy 31 (8–9), 1257–1274. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8

Gobierno de la Rioja. (2016). Recuperado 02 febrero 2022, de https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/calidad-aire-cambio-climatico/calidad-aire/ev olucion-principales-contaminantes/compuestos-azufre

Gola, M. Studium procesu roboczego silnika o zapłonie iskrowym zasilanego ciekłym butanem wtryskiwanym do kolektora dolotowego. PhD thesis, Ishima, Politechnika Radomska, Radom, Poland, 2002. Recuperado de:

https://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BGPK-1042-4120/c/httpwww bg utp edu plartarchiwum20motoryzacji2005luft.pdf

Greene, D. L., Baker Jr, H. H., & Plotkin, S. E. (2010). Reducing greenhouse gas emissions from US transportation. Recuperado de: https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/23588

Guibet, J. C., & Faure-Birchem, E. (1999). Fuels and engines: technology, energy, environment (Vol. 1). Editions Technip. Recuperado de:

https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/referencespapers.aspx ?referenceid=2154450

Hackbarth, A., & Madlener, R. (2016). Willingness-to-pay for alternative fuel vehicle characteristics: A stated choice study for Germany. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *85*, 89-111. <a href="https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.12.005">https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.12.005</a>

Hepburn, 2015. Mitigating climate change. Speech at the World Economic Forum's Annual Meeting 2015, Davos. Recuperado 10 noviembre 2021, de https://www.youtube.com/watch? v=vs3gZSB0nRo.

IEA. 2021. Recuperado 10 diciembre 2021, de https://www.iea.org/reports/greenhouse-gas-emissions-from-energy-overview INE - Instituto Nacional de Estadística. (2021). *Recuperado 25 febrero 2022, de* https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica C&cid=125473616 7628&menu=ultiDatos&idp=1254735576581

IVECO. (s.f), Recuperado 15 diciembre 2021, de <a href="https://www.iveco.com/spain/producto/pages/iveco-sway-gas-natural.aspx#overview">https://www.iveco.com/spain/producto/pages/iveco-sway-gas-natural.aspx#overview</a>

Jaffe, A., Newell, R., Stavins, R., 2005. A tale of two market failures: technology and environmental policy. Ecol. Econ. 54, 164–174 https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.027

Kahn Ribeiro S, Kobayashi S, Beuthe M, Gasca J, Greene D, Lee DS, et al. Climate change 2007: mitigation contribution of working group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge and New York: Cambridge University Press; 2007. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg3/

Knothe, G., van-Gerpen, J., Pereira, L., & Krahl, J. (2006). *Manual de biodiesel* (No. P 06 7). Recuperado de:

http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=iicacr.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=032267

Knothe, G., Krahl, J., & Van Gerpen, J. (Eds.). (2015). *The biodiesel handbook*. Elsevier. Recuperado de:

https://books.google.com/books?hl=ca&lr=&id=8MxcCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq= Knothe,+G.,+Krahl,+J.,+%26+Van+Gerpen,+J.+(Eds.).+(2015).+The+biodiesel+handbook.+Elsevier.&ots=8d\_Pqqw4Nl&sig=TB4T8kad9MPH22VQGdQ8EP7OHXU

Kougias, P. G., & Angelidaki, I. (2018). Biogas and its opportunities—A review. Frontiers of Environmental Science & Engineering, 12(3), 1-12. https://doi.org/10.1007/s11783-018-1037-8

Kowalewicz, A., & Wojtyniak, M. (2004). Alternative fuels and their application to combustion engines. *Proceedings of the institution of mechanical engineers, Part D: Journal of automobile engineering*, *219*(1), 103-125. https://doi.org/10.1243/095440705X6399

Kulauzović, B., Nosaka, T. P., & Jamnik, J. (2020). Relationship between weight of the heavy trucks and traffic noise pollution in the viewpoint of feasibility of fines for exceeded noise—a case study. *Proceedings of 8th Transport Research Arena TRA*. https://www.cestel.eu/media/uploads/TRA2020 Kulauzovic.pdf

*Miciudadatodogas*. (2019). Recuperado 26 enero 2022, de http://miciudadatodogas.com/la-red-de-gasineras-comienza-a-ser-una-realidad-en-esp ana/

Lenntech, (s.f.), Recuperado 26 enero 2022, de https://www.lenntech.es/periodica/elementos/

Linares Hurtado, J. I., & Moratilla Soria, B. Y. (2007). El hidrógeno y la energía. Madrid: Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI. Recuperado de:

https://www.academia.edu/download/56956124/el hidrogeno y la energia.pdf

Linzenich, A., Arning, K., Bongartz, D., Mitsos, A., & Ziefle, M. (2019). What fuels the adoption of alternative fuels? Examining preferences of German car drivers for fuel

innovations. Applied Energy, 249, 222-236.

https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.04.041

Liu, J., & Santos, G. (2015). Decarbonizing the road transport sector: Break-even point and consequent potential consumers' behavior for the US case. *International Journal of Sustainable Transportation*, 9(3), 159-175.

https://doi.org/10.1080/15568318.2012.749962

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. (1975). Los límites del crecimiento: Informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad (No. HC59. L42 1973.). México D. F: Fondo de Cultura Económica. Recuperado de: http://habitat.aq.upm.es/gi/mve/daee/tmzapiain.pdf

Mercedes-benz-trucks.com. (s.f.). Recuperado 26 enero 2022, de <a href="https://www.mercedes-benz-trucks.com/es">https://www.mercedes-benz-trucks.com/es</a> ES/emobility/world/our-offer/eactros-and-se rvices.html

Mihic, S. (2004). Biogas fuel for internal combustion engines. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara*, 2(3), 179-190. Recuperado de: http://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2004/ANNALS-2004-3-24.pdf

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Datos del registro general (2022). Recuperado 25 febrero 2022, de https://www.mitma.gob.es/transporte-terrestre/informacion-estadistica/estadisticas-estu dio/datos-del-registro-general.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020). Recuperado 24 enero 2022, de

https://energia.gob.es/es-es/Novedades/Documents/hoja de ruta del hidrogeno.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). Recuperado 24 enero 2022, de

https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto\_tcm30-508410.pdf

Mom, G. (2013). The electric vehicle: technology and expectations in the automobile age. JHU Press. Recuperado de:

https://books.google.com/books?hl=ca&lr=&id=34em7PuciFAC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Mom,+G.+(2013).+The+electric+vehicle:+technology+and+expectations+in+the+automobile+age.+JHU+Press.&ots=Mu-ixwlpAU&sig=rim0fY3XgBY0Y8ySql2q1ClJa8M

Morer Forns, L., Escobar Mariné, M. A., & Coll Raich, M. (2015). Eficiència energètica en gestió de flotes. Recuperado de:

http://icaen.gencat.cat/ca/detalls/publicacio/Num.-8-Eficiencia-Energetica-en-gestio-deflotes

Nanez Alonso, S. L. (2020). The Tax Incentives in the IVTM and "Eco-Friendly Cars": The Spanish Case. *Sustainability*, *12*(8), 3398. https://doi.org/10.3390/su12083398

National Research Council. (2013). *Transitions to alternative vehicles and fuels*. National Academies Press. Recuperado de:

https://www.nap.edu/catalog/18264/transitions-to-alternative-vehicles-and-fuels

Nowakowska-Grunt, J., & Strzelczyk, M. (2019). The current situation and the directions of changes in road freight transport in the European Union. *Transportation Research Procedia*, 39, 350-359. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.037

OTLE, Observatorio del transporte y la logística en España. (2021). Recuperado de: https://apps.fomento.gob.es/BDOTLE/indicadores/visor.aspx?i=128.

Papadimitriou G, Ntziachristos L, Wuetrich P, Notter B, Keller M, Fridell E, et al. TRACCS - Transport data collection supporting the quantitative analysis of measures relating to transport and climate change [Internet]. EMISIA; 2013. Report No.: 13.RE.025.V1. Recuperado de: http://traccs.emisia.com

Pérez Huertas, Ó. (2018). Estudio para el desarrollo de carreteras eléctricas para vehículos de grandes cargas. Recuperado de: https://oa.upm.es/50288/

Poliscanova, J., Murphy, A., Abasov, F., Nix, J., Buffet, L., & Todts, W. (2020). How European transport can contribute to an EU -55% GHG emissions target in 2030. Recuperado de: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions\_en

Polóni, M., Tahir, A., & Daniz, M. (2003). Personal car engines powered by CNG. *Journal of KONES*, *10*(1-2). Recuperado de: http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BUJ6-0026-00

29

Porto Mato, P. (2021). Descarbonización del sector del transporte en España con el hidrógeno verde. Recuperado de: <a href="https://oa.upm.es/id/eprint/68685">https://oa.upm.es/id/eprint/68685</a>

PRTR, Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. (2007). Recuperado 26 enero 2022, de https://prtr-es.es/NOx-oxidos-de-nitrogeno,15595,11,2007.html

Pukalskas, S., Kriaučiūnas, D., Rimkus, A., Przybyła, G., Droździel, P., & Barta, D. (2021). Effect of hydrogen addition on the energetic and ecologic parameters of an SI engine fueled by biogas. *Applied Sciences*, *11*(2), 742. https://doi.org/10.3390/app11020742

QuestionPro. Calculadora de tamaño de muestra (s. f.). Recuperado 25 febrero 2022, de https://www.questionpro.com/es/calculadora-de-muestra.html

Ramírez, I. E. M., Vela, N. A. C., & Rincón, J. J. (2012). Biodiesel, un combustible renovable. *Investigación y ciencia*, *20*(55), 62-70. Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/674/67424409008.pdf

Renault-trucks.es. (s.f.). Recuperado 27 enero 2022, de <a href="https://www.renault-trucks.es/static/conduccion-de-camiones-de-gnc">https://www.renault-trucks.es/static/conduccion-de-camiones-de-gnc</a>

Rogers, E., 1995. Diffusion of Innovations, 4th edition The Free press, New York, NY Recuperado de:

https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203887011-36/diffusion-innovations-everett-rogers-arvind-singhal-margaret-quinlan

Rojas, N. Y. (2004). Revisión de las emisiones de material particulado por la combustión de diesel y biodiesel. *Revista de ingeniería*, (20), 58-68.

https://doi.org/10.16924/revinge.20.7

Scania (s.f.). Recuperado 27 enero 2022, de

https://www.scania.com/es/es/home/products/trucks/gas-truck.html

Servicio Estadística. Observatorio Nacional de Seguridad Vial. Anuario Estadístico General (2019). Recuperado de:

https://www.dgt.es/.galleries/downloads/dgt-en-cifras/publicaciones/Anuario\_Estadistic o\_General/Anuario-General-2019-Accesible.pdf

Struben, J., & Sterman, J. D. (2008). Transition challenges for alternative fuel vehicle and transportation systems. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *35*(6), 1070-1097. https://doi.org/10.1068%2Fb33022t

Takman, J., & Andersson-Sköld, Y. (2021). A framework for barriers, opportunities, and potential solutions for renewable energy diffusion: Exemplified by liquefied biogas for heavy trucks. *Transport Policy*, *110*, 150-160.

https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.05.021

Tang, H. (2014). World Trade Report 2013–Factors Shaping the Future of World TradeWorld Trade Organization, 2013. *World Trade Review*, *13*(4), 733-735. Recuperado de: https://www.wto.org/english/res\_e/publications\_e/wtr13\_e.htm

TNO report, 2016 Emisiones factors for diesel Euro-6 passenger cars, light commercial vehicles and Euro-VI trucks. TNO 2016. Recuperado de:

https://publications.tno.nl/publication/34620020/ksRDF3/TNO-2016-R10304.pdf

United Nations. (2021). Sustainable transport | Department of Economic and Social Affairs. Home | Sustainable Development. Recuperado de: https://sdgs.un.org/topics/sustainable-transport

Villalobos, J., & Wilmsmeier, G. (2016). Estrategias y herramientas para la eficiencia energética y la sostenibilidad del transporte de carga por carretera. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40859

VOLVO, (s.f.). Recuperado 27 enero 2022, de

https://www.volvotrucks.es/es-es/trucks/alternative-fuels/gas-powered-trucks.html

Wirth, E. (2016). Los méritos e inconvenientes de la política de incentivos a la compra de vehículos eléctricos: el caso de Noruega. Recuperado de: <a href="https://repositorio.com/llas.edu/xmlui/handle/11531/27081">https://repositorio.com/llas.edu/xmlui/handle/11531/27081</a>

Xue, J., Grift, T. E., & Hansen, A. C. (2011). Effect of biodiesel on engine performances and emissions. *Renewable and Sustainable energy reviews*, *15*(2), 1098-1116. https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.016

## 8. Anexos

# ANEXO 1: Costes marginales producidos en la polución.

Frei	ight transp	ort (€-cent p	oer tkm)								
HG\	V	Diesel		Euro 0	22.05	30.29	21.88	15.44	18.35	9.19	8.71

Vehicle	Fuel type	Size	Emission class	Metropolitan area		Urban a	rea	Rural area		
			Class	Motorway	Urban road	Other road	Motorway	Urban road	Motorway	Rural road
		Rigid	Euro I	13.38	15.86	12.34	10.57	11.17	6.32	5.66
		<=7,5 t	Euro II	12.35	12.87	10.96	10.35	10.78	6.20	5.58
			Euro III	8.79	11.65	8.41	7.54	9.18	4.54	4.22
			Euro IV	5.74	6.28	5.18	5.28	5.77	3.21	2.93
			Euro V	2.84	7.85	2.96	2.37	7.20	1.49	1.59
			Euro VI	0.32	1.55	0.47	0.28	1.48	0.26	0.36
		Rigid 7,5-12 t	Euro 0	11.55	16.51	11.64	9.07	11.58	5.39	5.26
		7,5 121	Euro I	7.08	10.11	7.04	5.49	7.06	3.27	3.18
			Euro II	6.72	8.12	6.26	5.51	6.77	3.29	3.14
			Euro III	4.75	7.23	4.96	3.99	5.68	2.39	2.46
			Euro IV	2.97	3.81	2.99	2.73	3.49	1.65	1.67
			Euro V	1.55	4.93	1.77	1.28	4.53	0.79	0.93
			Euro VI	0.20	0.70	0.26	0.18	0.66	0.14	0.18
		Rigid 12-14 t	Euro 0	6.65	9.82	6.72	5.10	6.98	3.03	3.02
			Euro I	4.07	6.05	4.11	3.10	4.28	1.84	1.84
			Euro II	3.83	4.96	3.65	3.10	4.14	1.85	1.82
			Euro III	2.78	4.46	2.90	2.30	3.57	1.38	1.44
			Euro IV	1.67	2.39	1.74	1.54	2.20	0.93	0.98
			Euro V	0.89	2.89	1.06	0.74	2.66	0.45	0.56
			Euro VI	0.11	0.38	0.14	0.10	0.35	0.08	0.10
		Rigid 14-20 t	Euro 0	7.49	12.30	7.96	5.66	8.58	3.36	3.50
			Euro I	4.46	7.54	4.79	3.36	5.25	1.99	2.10
			Euro II	4.24	6.02	4.17	3.43	5.04	2.04	2.08
			Euro III	3.11	5.58	3.45	2.56	4.40	1.53	1.68
			Euro IV	1.88	2.86	2.00	1.74	2.63	1.04	1.12
			Euro V	1.02	3.91	1.62	0.85	3.61	0.52	0.87
			Euro VI	0.13	0.51	0.18	0.11	0.48	0.08	0.12
		Rigid 20-26 t	Euro 0	3.69	6.21	3.99	2.74	4.43	1.62	1.75
			Euro I	2.65	4.70	2.88	1.96	3.25	1.16	1.25
			Euro II	2.48	3.74	2.51	1.98	3.10	1.18	1.24
			Euro III	1.89	3.35	2.06	1.56	2.64	0.93	1.00

Vehicle	Fuel type	Size	Emission class	Metr	opolitan are	a	Urban a	rea	Rural a	rea
			ciass	Motorway	Urban road	Other road	Motorway	Urban road	Motorway	Rural road
			Euro IV	1.13	1.75	1.20	1.05	1.60	0.63	0.67
			Euro V	0.58	2.17	0.85	0.48	1.98	0.29	0.45
			Euro VI	0.06	0.26	0.09	0.05	0.24	0.04	0.06
		Rigid 26-28 t	Euro 0	2.74	4.59	2.98	2.03	3.26	1.19	1.29
		20 20 1	Euro I	1.96	3.43	2.15	1.44	2.38	0.85	0.92
			Euro II	1.84	2.78	1.87	1.46	2.30	0.87	0.92
			Euro III	1.38	2.45	1.52	1.13	1.93	0.67	0.73
			Euro IV	0.82	1.29	0.87	0.76	1.18	0.46	0.48
			Euro V	0.39	1.58	0.61	0.32	1.45	0.19	0.32
			Euro VI	0.05	0.18	0.07	0.04	0.17	0.03	0.04
		Rigid 28-32 t	Euro 0	2.55	4.14	2.75	1.89	2.94	1.11	1.20
			Euro I	1.86	3.14	2.02	1.37	2.21	0.81	0.88
			Euro II	1.74	2.54	1.76	1.37	2.10	0.81	0.86
			Euro III	1.28	2.21	1.40	1.05	1.75	0.63	0.68
			Euro IV	0.76	1.19	0.82	0.71	1.09	0.42	0.45
			Euro V	0.33	1.34	0.49	0.27	1.23	0.16	0.25
			Euro VI	0.05	0.14	0.06	0.04	0.13	0.03	0.04
		Rigid > 32 t	Euro 0	2.21	3.77	2.40	1.63	2.69	0.96	1.04
			Euro I	1.62	2.89	1.76	1.18	2.01	0.70	0.76
			Euro II	1.51	2.32	1.54	1.19	1.91	0.71	0.75
			Euro III	1.14	2.02	1.25	0.93	1.60	0.55	0.61
			Euro IV	0.68	1.08	0.73	0.63	0.99	0.38	0.40
			Euro V	0.32	1.20	0.45	0.26	1.10	0.16	0.23
			Euro VI	0.03	0.13	0.05	0.03	0.12	0.02	0.03
		Articulated	Euro 0	3.99	6.74	4.33	3.00	4.74	1.77	1.89
		14-20 t	Euro I	2.44	4.14	2.60	1.80	2.88	1.06	1.12
			Euro II	2.27	3.33	2.27	1.81	2.77	1.07	1.11
			Euro III	1.70	3.01	1.85	1.38	2.38	0.82	0.89
			Euro IV	1.00	1.55	1.07	0.92	1.41	0.54	0.58
			Euro V	0.51	1.95	0.76	0.42	1.79	0.25	0.39
			Euro VI	0.05	0.17	0.06	0.04	0.15	0.02	0.03

Vehicle	Fuel type	Size	Emission class	Metr	opolitan are	ea	Urban a	rea	Rural area	
			Cidos	Motorway	Urban road	Other road	Motorway	Urban road	Motorway	Rural road
		Articulated	Euro 0	3.54	6.07	3.87	2.60	4.36	1.54	1.70
		20-28 t	Euro I	2.58	4.56	2.84	1.88	3.23	1.11	1.23
			Euro II	2.37	3.68	2.43	1.86	3.05	1.10	1.19
			Euro III	1.77	3.25	1.97	1.42	2.58	0.85	0.95
			Euro IV	1.03	1.73	1.14	0.95	1.59	0.57	0.63
			Euro V	0.52	2.01	0.76	0.43	1.84	0.26	0.40
			Euro VI	0.07	0.22	0.08	0.06	0.20	0.04	0.05
		Articulated	Euro 0	2.21	3.84	2.42	1.62	2.76	0.96	1.06
		28-34 t	Euro I	1.62	2.89	1.77	1.17	2.03	0.69	0.77
			Euro II	1.47	2.31	1.51	1.14	1.91	0.68	0.74
			Euro III	1.09	2.01	1.22	0.88	1.60	0.52	0.59
			Euro IV	0.63	1.09	0.71	0.58	1.00	0.35	0.39
			Euro V	0.30	1.18	0.44	0.25	1.07	0.15	0.23
			Euro VI	0.04	0.12	0.05	0.04	0.11	0.03	0.03
		Articulated	Euro 0	2.18	3.92	2.41	1.59	2.81	0.94	1.05
		34-40 t	Euro I	1.59	2.98	1.77	1.15	2.07	0.68	0.76
			Euro II	1.47	2.39	1.53	1.15	1.96	0.68	0.74
			Euro III	1.11	2.07	1.24	0.90	1.64	0.54	0.60
			Euro IV	0.65	1.10	0.72	0.60	1.01	0.36	0.40
			Euro V	0.32	1.20	0.45	0.26	1.08	0.16	0.23
			Euro VI	0.03	0.12	0.04	0.03	0.11	0.02	0.03
		Articulated	Euro 0	2.07	3.74	2.30	1.51	2.69	0.89	1.01
		40-50 t	Euro I	1.53	2.84	1.69	1.09	1.97	0.65	0.72
			Euro II	1.40	2.27	1.46	1.09	1.86	0.64	0.71
			Euro III	1.04	1.93	1.17	0.85	1.54	0.50	0.57
			Euro IV	0.62	1.05	0.68	0.57	0.97	0.34	0.38
			Euro V	0.28	1.04	0.39	0.23	0.94	0.14	0.20
			Euro VI	0.03	0.10	0.04	0.02	0.09	0.02	0.02
		Articulated	Euro 0	2.16	3.94	2.41	1.58	2.86	0.93	1.06
		50-60 t	Euro I	1.59	2.97	1.77	1.13	2.07	0.67	0.76
			Euro II	1.45	2.39	1.52	1.12	1.95	0.66	0.73

Vehicle	Fuel type	Size	ze Emission class		opolitan are	ea .	Urban area		Rural area	
				Motorway	Urban road	Other road	Motorway	Urban road	Motorway	Rural road 0.59 0.39 0.19 0.02
			Euro III	1.09	2.04	1.21	0.88	1.62	0.52	0.59
			Euro IV	0.60	1.09	0.71	0.55	1.01	0.33	0.39
			Euro V	0.27	1.00	0.38	0.22	0.89	0.13	0.19
			Euro VI	0.03	0.10	0.04	0.02	0.09	0.02	0.02
	LNG	Articulated 32 t+	n.a.	0.03	0.09	0.03	0.02	0.08	0.02	0.02

EEV: Enhanced environmentally friendly vehicle. European emission standard for the definition of a 'clean vehicle' > 3.5 t. Emission level between Euro V and Euro VI.

ANEXO 2: Costes marginales producidos en el cambio climático.

reight tra	ansport (€-cent	per tkm)				
GV	Diesel	Rigid	Euro 0	4.52	5.48	4.3
		<=7,5 t	Euro I	4.18	4.45	3.6
			Euro II	4.05	4.17	3.5
			Euro III	4.26	4.46	3.0
			Euro IV	4.33	4.19	3.0
			Euro V	4.30	4.03	3.5
			Euro VI	4.29	4.12	3.
		Rigid	Euro 0	2.32	3.22	2.:
		7,5-12 t	Euro I	2.10	2.67	2.0
			Euro II	2.06	2.53	1.9
			Euro III	2.13	2.68	2.
			Euro IV	2.13	2.53	2.
			Euro V	2.22	2.54	1.
			Euro VI	2.23	2.59	1.9
		Rigid	Euro 0	1.33	1.90	1.
		12-14 t	Euro I	1.19	1.60	1.
			Euro II	1.16	1.52	1.:
			Euro III	1.19	1.61	1.
			Euro IV	1.19	1.50	1.
			Euro V	1.10	1.47	1.
			Euro VI	1.11	1.50	1.
		Rigid 14-20 t	Euro 0	1.50	2.40	1.
		14-20 t	Euro I	1.27	1.92	1.
			Euro II	1.24	1.82	1.3
			Euro III	1.27	1.93	1.

Vehicle category	Fuel type	Size	Emission class	Motorway	Urban road	Other road
			Euro IV	1.25	1.76	1.29
			Euro V	1.18	1.77	1.26
			Euro VI	1.19	1.77	1.27
		Rigid	Euro 0	0.83	1.40	0.90
		20-26 t	Euro I	0.73	1.18	0.78
			Euro II	0.71	1.13	0.76
			Euro III	0.72	1.18	0.78
			Euro IV	0.71	1.10	0.76
			Euro V	0.69	1.10	0.75
			Euro VI	0.69	1.11	0.75
		Rigid 26-28 t	Euro 0	0.62	1.05	0.68
		20-28 t	Euro I	0.54	0.89	0.59
			Euro II	0.53	0.85	0.58
			Euro III	0.54	0.89	0.59
			Euro IV	0.54	0.84	0.58
			Euro V	0.53	0.82	0.57
			Euro VI	0.53	0.84	0.58
		Rigid 28-32 t	Euro 0	0.57	0.92	0.62
		28-321	Euro I	0.51	0.81	0.55
			Euro II	0.52	0.80	0.54
			Euro III	0.51	0.81	0.56
			Euro IV	0.51	0.77	0.55
			Euro V	0.50	0.75	0.54
			Euro VI	0.50	0.77	0.55
		Rigid >32 t	Euro 0	0.49	0.84	0.54
			Euro I	0.44	0.73	0.48
			Euro II	0.43	0.70	0.47
			Euro III	0.44	0.73	0.48
			Euro IV	0.43	0.69	0.47
			Euro V	0.42	0.69	0.46
			Euro VI	0.42	0.69	0.47
		Articulated	Euro 0	0.80	1.33	0.86

Vehicle	Fuel type	Size	Emission	Motorway	Urban road	Other road
category			class			
		14-20 t	Euro I	0.69	1.09	0.73
			Euro II	0.67	1.04	0.71
			Euro III	0.69	1.10	0.74
			Euro IV	0.68	1.02	0.72
			Euro V	0.66	1.00	0.71
			Euro VI	0.66	1.02	0.71
		Articulated 20-28 t	Euro 0	0.79	1.35	0.87
			Euro I	0.71	1.19	0.77
			Euro II	0.68	1.12	0.75
			Euro III	0.70	1.17	0.77
		Articulated 28-34 t	Euro IV	0.69	1.10	0.76
			Euro V	0.68	1.08	0.74
			Euro VI	0.68	1.09	0.75
			Euro 0	0.49	0.84	0.54
			Euro I	0.44	0.75	0.49
			Euro II	0.44	0.72	0.47
			Euro III	0.43	0.74	0.48
			Euro IV	0.43	0.70	0.48
			Euro V	0.43	0.69	0.47
			Euro VI	0.43	0.69	0.47
		Articulated 34-40 t	Euro 0	0.48	0.87	0.54
			Euro I	0.43	0.75	0.48
			Euro II	0.42	0.73	0.47
			Euro III	0.42	0.76	0.48
			Euro IV	0.42	0.71	0.47
			Euro V	0.42	0.71	0.46
			Euro VI	0.42	0.72	0.47
		Articulated 40-50 t	Euro 0	0.45	0.82	0.51
			Euro I	0.40	0.71	0.45
			Euro II	0.41	0.71	0.45
			Euro III	0.40	0.72	0.46
			Euro IV	0.40	0.68	0.45

Vehicle category	Fuel type	Size	Emission class	Motorway	Urban road	Other road
			Euro V	0.40	0.68	0.45
			Euro VI	0.40	0.69	0.45
		Articulated 50-60 t	Euro 0	0.47	0.86	0.54
			Euro I	0.43	0.77	0.47
			Euro II	0.42	0.74	0.47
			Euro III	0.43	0.77	0.47
			Euro IV	0.42	0.73	0.47
			Euro V	0.42	0.72	0.47
			Euro VI	0.43	0.73	0.47
	LNG	Articulated 32+	n.a.	0.21	0.36	0.23

## ANEXO 3: cuestionario transportistas.

- 1. ¿Cuál es el tamaño de su flota de camiones?
- 0-25 camiones.
- 26-50 camiones.
- 51-100 camiones.
- +101 camiones.
- 2. ¿Qué tipo de rutas son las más habituales en su actividad diaria?
- Plaza (corta distancia).
- Media distancia.
- Larga distancia.
- De todo tipo.
- 3. ¿Qué tipo de transporte realiza?
- Cajas/contenedores.
- Cisternas.
- Silos.
- Otros.
- 4. ¿En qué horario suele trabajar su flota de camiones?
- En horario nocturno (21:00-06:00)
- En horario de mañanas/tardes (6:00-21:00)
- 24 horas al día.

- 5. ¿Realiza viajes internacionales (sin contar Perpignan como viaje internacional)?
- Si.
- No.
- 6. ¿Dispone su flota de camiones de modelos que funcionen con combustibles que no sean gasolina o diésel (sin contar camiones que combinen diferentes combustibles)?
- Si.
- No.
- 7. ¿Dispone su flota de camiones de modelos que funcionan combinando diferentes tipos de combustible?
- Si
- No
- 8. ¿Qué tipo de combustibles alternativos conoce? (Opción múltiple)
- Gas natural
- Biodiesel
- Biogás
- Electricidad

### Cuestiones a realizar en caso de responder "Si", en la pregunta número 6:

- 1. ¿En caso de disponer de camiones que funcionen con combustibles alternativos, cuántos tiene?
- 1 unidad.
- 25% de la flota.
- 50% de la flota.
- 75% de la flota, o más.
- 2. ¿De qué tipo de combustible se trata?
- Electricidad.
- Gas Natural, o biogás.
- Biodiésel.
- Más de una de las mencionadas anteriormente.
- 3. ¿Tiene previsto adquirir más modelos que funcionen con combustibles alternativos?
- Si.
- No.

- 4. ¿Espera tener el 100% de su flota funcionando con combustibles alternativos de cara al 2030?
- Si.
- No.
- 5. ¿Se encuentra la empresa satisfecha con los consumos de estos camiones?
- Si.
- No.
- 6. ¿Se encuentra la empresa satisfecha con la autonomía de estos camiones?
- Si.
- No.
- 7. ¿Cómo valora el esfuerzo económico necesario para adquirir un camión de este tipo?
- Idéntico a un camión convencional.
- Superior a un camión convencional.
- Inferior a un camión convencional.
- 8. ¿Cómo valora el esfuerzo económico en cuanto a su mantenimiento, uso diario, etc...?
- Idéntico a un camión convencional.
- Superior a un camión convencional.
- Inferior a un camión convencional.
- 9. ¿Cuál es la opinión general de la empresa hacia estos nuevos combustibles? A desarrollar por la persona que responde el cuestionario.

Una vez respondidas estas preguntas, también deberán responder las preguntas del cuestionario que se expone a continuación. Dichas preguntas van orientadas a estudiar los conocimientos que tienen los transportistas alrededor del ámbito tratado.

#### Cuestiones a realizar en caso de responder "No", en la pregunta número 6:

- 1. ¿Se ha planteado la empresa la posibilidad de adquirir camiones que funcionen con gas natural o electricidad?
- Si.
- No.
- Mi empresa ya dispone de camiones que funcionan con gas natural o electricidad.
- 2. ¿Cuál es la razón por la que no dispone de camiones que funcionen con gas natural, electricidad, u otros combustibles alternativos?

- Razón económica.
- Desconocimiento del ámbito, características, etc...
- Las prestaciones de estos camiones no son las necesarias para el tipo de actividad desarrollada.
- Otros.
- Mi empresa ya dispone de camiones que funcionan con alguno de los combustibles mencionados en la pregunta.
- 3. ¿Cree que un camión con una autonomía de menos de 500Km, puede ser útil en el tipo de trabajo que desarrolla su empresa en el día a día?
- Si
- No
- En casos puntuales. Ya que, se realizan rutas de todo tipo.
- 4. ¿Cree que los combustibles alternativos ganarán terreno al diésel de una forma considerable antes del 2030?
- Si.
- No.
- 5. ¿Qué autonomía puede tener un camión que funcione solamente con gas natural?
- Menos de 150 Km.
- Menos de 300 Km.
- Menos de 500 Km.
- Alrededor de los 1000 Km.
- 6. ¿Qué autonomía puede tener un camión que funciona con electricidad?
- Menos de 150 Km.
- Menos de 300 Km.
- Menos de 500 Km.
- Alrededor de los 1000 Km.
- 7. ¿Qué autonomía puede tener un camión que combine gas natural, con diésel?
- Menos de 150 Km.
- Menos de 300 Km.
- Menos de 500 Km.
- Alrededor de los 1000 Km.
- 8. ¿Pueden acarrear la misma cantidad de peso los camiones que funcionan con combustibles alternativos?
- Si.
- No.

- 9. ¿Qué tipo de combustible puede ayudar drásticamente a disminuir la contaminación acústica generada por un motor diésel?
- Gas natural.
- Biodiesel.
- Biogás.
- Electricidad.
- 10. ¿Dónde se puede repostar biodiesel o biogás?
- En gasolineras móviles.
- En gasolineras especializadas.
- En la mayoría de gasolineras convencionales.
- Se tiene que pedir a granel, e instalar un tanque dedicado.
- 11. ¿Ha usado alguna vez el biodiesel para repostar los camiones de su flota?
- Si.
- No.
- 12. ¿Por qué razón no ha repostado con biodiesel?
- Su precio es demasiado elevado, respecto al Gasoil A.
- Desconozco de su existencia.
- Riesgo de estropear el motor.
- Otras.
- 13. ¿Qué precio tiene el Gas Natural que consumen los vehículos?
- Superior al diésel.
- Inferior al diésel.
- Similar o igual al diésel.

Comentarios a aportar: (opcional)