

ÍNDICE

ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	3
ÍNDICE ILUSTRACIONES	3
RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN.....	6
Capítulo 1. Externalidades negativas del sector automovilístico y sus implicaciones económicas.....	10
1.1. Teoría económica de las externalidades negativas.....	10
1.2. Emisiones de CO₂ del sector automovilístico	12
1.3. Efectos en la salud.....	16
1.4. Agotamiento de los combustibles fósiles.....	18
1.5. Posibles medidas para internalizar las externalidades negativas medioambientales planteadas.....	19
Capítulo 2. Implantación del vehículo eléctrico en el sector automovilístico europeo.....	22
2.1. Situación actual del sector automovilístico en Europa (UE-27).....	22
2.2. Introducción del vehículo eléctrico.....	26
2.3. Consecuencias en la industria de la implantación de los vehículos eléctricos.....	31
Capítulo 3. Factores limitantes del nuevo modelo.....	38
3.1. Mercado eléctrico.....	38
3.2. Escasez de materias primas fundamentales en Europa.....	42
3.3. Falta de infraestructuras y logística de carga de los vehículos eléctricos.....	44
Capítulo 4. Acciones y Estrategias para llevar a cabo el cambio del modelo.....	46
4.1. Estrategias de la UE-27 relativas al transporte y sus consecuencias en la movilidad eléctrica.....	46
4.2. Medidas específicas para la implementación del vehículo eléctrico en los países europeos.....	51
4.3. Análisis DAFO de la transición al vehículo eléctrico en EU-27.....	57
4.3.1. Debilidades de la implantación de los vehículos eléctricos en UE-27.....	58
4.3.2. Amenazas de la implantación de los vehículos eléctricos en UE-27.....	59
4.3.3. Fortalezas de la implantación de los vehículos eléctricos en UE-27.....	60
4.3.4. Oportunidades de la implantación de los vehículos eléctricos en UE-27.....	60
CONCLUSIONES.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Emisiones de CO2 en UE-27 durante el período 2000-2020.....	13
Gráfico 2. Emisiones de CO2 en el sector automovilístico en EU-27 durante el período 2000-2010. Unidades: gramos de CO2 por kilómetro (g CO2/km).....	14
Gráfico 3. Ventas de la UE y cuota mercado global de coches eléctricos, 2010-2021	29
Gráfico 4. Empleo del sector automotriz en la Unión Europea (2008-2018).....	33
Gráfico 5. Matriculaciones nuevas de vehículos comerciales y crecimiento anual del PIB en la UE (2008-2018).....	37
Gráfico 6. Consumo energético en UE-27 en 2000-2020 (Uds: Ktep).....	39
Gráfico 7. Consumo mundial energético por sectores en TWh (2000-2019).....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Plantas de ensamblaje de automóviles y de producción de motores en la UE-27 en 2021.....	23
Tabla 2. Los 5 países de la EU-27 con la cuota más baja y más alta de vehículos eléctricos y su PIB en 2020.....	38
Tabla 3. Las 5 prioridades generales de la EU adaptadas por DG MOVE al transporte	47
Tabla 4. Vehículos Eléctricos: beneficios fiscales e incentivos de compra	51
Tabla 5. Políticas e iniciativas nacionales y locales sobre vehículos eléctricos.....	56

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ventas de Vehículos Eléctricos y Renta Nacional.....	35
--	-----------

RESUMEN

La industria automovilística es uno de los sectores principales de la Unión Europea, teniendo un papel esencial en su economía. En este Trabajo de Fin de Grado se estudia la transición del vehículo eléctrico en los países de UE-27 como alternativa viable a todas las externalidades planteadas por el modelo anterior de combustión. Esta nueva forma de movilidad facilita la transición verde que persigue la UE-27, y da respuesta a las exigencias medioambientales actuales, entre las que destaca la no emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera por parte del vehículo eléctrico, lo que se traduce en una mejora radical de la calidad del aire.

Se espera que la Unión Europea, tras implantar una serie de estrategias de transición hacia una conducción eléctrica, en línea con el crecimiento actual en las ventas de vehículos eléctricos y con un mercado impulsado por regulaciones positivas del sector, consiga posicionarse como líder mundial. En el presente Trabajo, se recopilan las principales directrices y se realiza un análisis personal a la luz de los datos anteriormente expuestos. Además, se expone las medidas implantadas a nivel nacional, realizando una comparativa entre las medidas de España, Lituania y Suecia. Para finalizar, se lleva a cabo un análisis DAFO, evaluando las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de las estrategias europeas hacia una transición de movilidad eléctrica, donde se concluye que pese a las debilidades y amenazas que presenta la incorporación del vehículo eléctrico, como son el elevado tiempo de repostaje y la escasez de infraestructuras, esta movilidad tiene unas perspectivas favorables en la UE-27, destacando la ausencia de emisiones contaminantes a la atmósfera, el fomento de la producción de energía renovable y los objetivos de sostenibilidad y los reglamentos de la Comisión Europea y los Estados Miembros.

PALABRAS CLAVE

Vehículo eléctrico, sector automovilístico, emisiones de dióxido de carbono, Unión Europea, movilidad sostenible.

ABSTRACT

The automotive industry is one of the main sectors of the European Union, playing an essential role in its economy. This Final Degree Project studies the transition to the electric vehicle in the EU-27 countries as a viable alternative to all the externalities raised by the previous combustion model. This new form of mobility facilitates the green transition pursued by the EU-27, and responds to current environmental requirements, including the non-emission of pollutants into the atmosphere by electric vehicles, which translates into a radical improvement in air quality.

It is expected that the European Union, after implementing a series of transition strategies towards electric driving, in line with the current growth in electric vehicle sales and with a market driven by positive regulations in the sector, will be able to position itself as a world leader. In this Project, the main guidelines are compiled and a personal analysis is made in the light of the above data. In addition, the measures implemented at national level are presented and a comparison is made between the measures in Spain, Lithuania and Sweden. Finally, a SWOT analysis is carried out, evaluating the weaknesses, threats, strengths and opportunities of the European strategies towards an electric mobility transition, where it is concluded that despite the weaknesses and threats presented by the incorporation of electric vehicles, such as the long recharging time and the scarcity of infrastructures, this mobility has favourable prospects in the EU-27, highlighting the absence of polluting emissions into the atmosphere, the promotion of renewable energy production and the sustainability objectives and regulations of the European Commission and the Member States.

KEY WORDS

Electric vehicle, automotive industry, carbon dioxide emissions, European Union, sustainable mobility.

INTRODUCCIÓN

El sector automovilístico es crucial en la economía europea, involucrando una potente cadena de suministro y diversos servicios comerciales de relevancia económica. La industria automovilística europea está compuesta por algunos de los principales fabricantes de automóviles del mundo, como por ejemplo Volkswagen o Daimler. Además, algunos de los fabricantes extranjeros, como la empresa coreana Hyundai, poseen plantas de ensamblaje en la Unión Europea.

En el año 2020 el sector automovilístico representó casi el siete por ciento del PIB en Europa, mientras que exporta al resto del mundo alrededor de 5,6 millones de vehículos al año. El sector automotriz alcanza el 11% del empleo en la industria en Europa, lo que implica un total de 3,5 millones de trabajadores. También es importante señalar que se trata del sector privado que más invierte en investigación y desarrollo. Sin embargo, se trata de una industria cambiante que presenta dificultades como las transiciones verde y digital, la intensificación de la competencia global y las interrupciones en las cadenas de suministro globales, entre otras (Brown et al., 2021).

El vehículo eléctrico juega un papel fundamental en la transición verde, dando respuesta a las exigencias medioambientales actuales en diversos aspectos. En primer lugar, supone una mejora en la eficiencia energética respecto al motor tradicional. En segundo lugar, no emite sustancias contaminantes a la atmósfera, lo que se traduce en una mejora radical de la calidad del aire. En tercer lugar, evita la contaminación acústica. Asimismo, sin contar con el coste de la batería, el vehículo eléctrico supone un coste de mantenimiento y de combustible inferior al de un vehículo con motor de combustión interna.

Los acontecimientos acaecidos en los últimos años han alterado el curso del sector automovilístico. En 2020, la industria del automóvil fue uno de los sectores más afectados por la pandemia global del Covid-19. Sin embargo, esto supuso un punto de inflexión en lo que se refiere a los vehículos eléctricos, cuando, a pesar de la crisis económica a consecuencia del Covid-19, sus ventas se incrementaron. La pandemia ha propiciado un cambio de perspectiva en los gobiernos y en los fabricantes y proveedores de los automóviles, fijando como objetivo desarrollar una estrategia comercial sostenible que se alinee con las realidades de la nueva normalidad (Holland-Letz et al., 2021).

Por otra parte, se ha observado un cambio en la mentalidad de los consumidores hacia una movilidad sostenible. Se estima que más del 45 por ciento de los clientes de automóviles consideran la adquisición de un vehículo eléctrico (Cornet et al., 2021). Esto ha originado un aumento de las ventas de estos vehículos y, como consecuencia, un crecimiento de la demanda de las baterías de éstos. La creciente demanda de baterías de litio pone en relieve la fragilidad de la cadena de suministro, que se vio interrumpida por las paradas de producción en China y, sobre todo, por las medidas severas de confinamiento y de contención impuestas a mitad de 2020.

En línea con el crecimiento actual en las ventas de vehículos eléctricos y con un mercado impulsado por regulaciones positivas del sector, se espera que Europa, tras implantar una serie de estrategias de transición hacia una conducción eléctrica, consiga posicionarse como líder mundial.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es estudiar la evolución del sector automovilístico en Europa, centrándose en el análisis del PIB y del empleo europeo y, además, estudiar su transición hacia un modelo de vehículos eléctricos, evaluando sus ventajas, así como algunos de los factores limitantes que se encuentran en la actualidad. Esta transición se quiere analizar como alternativa viable a las limitaciones planteadas por el modelo de combustión interna, resultando una solución a los problemas medioambientales que acontecen en la actualidad. Con el estudio de las principales amenazas, debilidades, oportunidades y fortalezas, se concluirá como debería ser esta transición en aras de resultar beneficiosa desde el punto de vista económico, medioambiental y social.

Para conseguir estos objetivos, este trabajo se estructura en cuatro capítulos. En el primer capítulo, tras introducir la teoría económica de las externalidades, se van a explicar las que genera el sector automovilístico, que son las que, en gran medida, han provocado y justifican el cambio de mentalidad hacia un transporte electrificado. Por un lado, se presentarán datos relativos a las emisiones de CO₂ en el sector automovilístico haciendo una comparativa con las emisiones totales, para demostrar que el uso de los automóviles de combustión es uno de los principales emisores de CO₂. Por otro lado, se analizarán los efectos en la salud provocados por los contaminantes que emiten los automóviles y se verá su impacto en el gasto sanitario. Además, el agotamiento de los combustibles fósiles es una realidad que limita su uso en combustión, lo que implicaría la paralización de las

industrias, el transporte y el turismo, entre otros, perjudicando la economía. Finalmente, se hará una mención a los mercados de emisiones y a su relevancia económica, como una posible medida para internacionalizar las externalidades negativas estudiadas en este capítulo.

En el segundo capítulo se hará una breve presentación del panorama actual del sector automovilístico en Europa (EU-27), así como, su importancia en la economía y los sectores relacionados. A continuación, se expondrá una breve explicación sobre el cambio tecnológico y de fabricación que supone los vehículos eléctricos. Por otro lado, se resaltarán las principales diferencias del vehículo eléctrico con el modelo actual de combustión, exponiendo las principales características de ambos. Seguidamente, se explicarán las consecuencias que acarreará este nuevo modelo en el sector automovilístico. Las consecuencias previstas se justificarán a través de la evolución del PIB y del empleo en los últimos años (2010-2021) en la industria automovilística, relacionándolas con las predicciones futuras en las que se incluya el vehículo eléctrico. Además, se analizará la relación existente entre la riqueza de los países de la UE y sus vehículos en circulación, así como el porcentaje de vehículos eléctricos.

En el tercer capítulo de este trabajo se analizarán los factores limitantes del nuevo modelo, exponiendo, en primer lugar, la situación actual del mercado eléctrico y viendo su capacidad de adaptación a la demanda de los vehículos eléctricos. En segundo lugar, se tratará de la escasez de materias primas fundamentales en Europa (EU-27) y su gran importancia en la producción de los vehículos eléctricos, en especial de las baterías de éstos. En tercer lugar, también se mencionará la importancia de la distribución de electrolinerías y de puntos de recargas en hogares y espacios públicos.

En el cuarto y último capítulo, se estudiarán las acciones y estrategias impuestas por la Unión Europea para llevar a cabo la transición al nuevo modelo eléctrico. Para ello, se recopilarán las principales directrices y se realizará un análisis personal a la luz de los datos anteriormente expuestos. Además, se expondrán las medidas implantadas a nivel nacional, realizando una comparativa entre las medidas de España, Lituania y Suecia. Estos tres países han sido seleccionados debido a que presentan características muy diversas, en cuanto beneficios fiscales e incentivos, cuotas de vehículos eléctricos y PIB. Para concluir, se llevará a cabo un análisis DAFO, evaluando las debilidades, amenazas,

fortalezas y oportunidades de las estrategias europeas hacia una transición de movilidad eléctrica.

Para finalizar, en el último apartado se presentarán las conclusiones más relevantes extraídas en este Trabajo de Fin de Grado.

Capítulo 1. Externalidades negativas del sector automovilístico y sus implicaciones económicas.

1.1. Teoría económica de las externalidades negativas.

Las externalidades pueden ser definidas como las decisiones de consumo, producción e inversión que toman los individuos, los hogares y las empresas y que terceros que no tienen una participación directa se ven afectados. Las externalidades conllevan efectos indirectos que trascienden en las oportunidades de consumo y producción de terceros, sin embargo, el precio del producto no refleja esas externalidades. En otras palabras, se produce una externalidad cuando tiene lugar gratuitamente una ventaja o un perjuicio sin compensación monetaria (Manzanares, 2014). Por lo tanto, las externalidades aparecen cuando el valor de una función objetivo depende de los subproductos no previstos o accidentales de alguna actividad de otros (Arrow, 1970).

El economista francés Jean-Jacques Laffont (Laffont, 1982) entiende a las externalidades como “los efectos indirectos de las actividades de consumo o producción”. Por ello, se debe señalar que, los precios no estarán en un óptimo de Pareto, por lo general, en una economía competitiva privada. Siendo el óptimo de Pareto “el punto de equilibrio en el que ningún agente afectado puede mejorar su situación sin reducir el bienestar de cualquier otro agente, debido a que sólo reflejará efectos privados y no los efectos sociales de la actividad económica”.

Los seguidores del “*laissez-faire*”, entre los que destacan Friedrich von Hayek y Milton Friedman, definen las externalidades como “*efectos de vecindad*” o “*rebalses*” (Manzanares, 2014), mientras que el economista inglés Alfred Marshall (Marshall, 1890) expuso este concepto refiriéndose como “los efectos que las actividades de determinados agentes tienen sobre otros, pero que no se transmiten a través de los precios de mercado”.

Por tanto, el origen de las externalidades se encuentra en la inadecuada utilización de los recursos naturales debido a una falta de limitación de los derechos de propiedad y a la inexistencia de un marco institucional para paliarlas, proporcionando incentivos a los actores económicos, para conseguir una utilización óptima de los recursos.

Desde la perspectiva económica, se considera que el efecto de las externalidades es distorsionar el mercado y, en consecuencia, la asignación ineficiente de los recursos en

un sistema económico. Es por ello, que se puede afirmar que son uno de los principales motivos que inducen a los gobiernos a intervenir en la economía. En general, las externalidades son técnicas, por lo tanto, los efectos indirectos afectan las oportunidades de consumo y la producción de terceros, y, sin embargo, el precio del producto no refleja esas externalidades. Por lo tanto, las rentabilidades y los costes privados son dispares de los que la sociedad asume en su conjunto (Helbling, 2010).

El economista Pigou (Pigou, 1932) defiende que las externalidades aparecen como una de las principales causas de la divergencia entre el "*producto neto privado*" y el "*producto neto social*". El criterio de bienestar de Pigou es que el dividendo nacional se maximizará cuando los valores de los productos netos sociales marginales sean iguales en todos los usos. Este criterio se cumple si los productos netos sociales marginales y los productos netos privados marginales son iguales en todos los usos y si los valores de los productos netos sociales marginales se calculan sin tener en cuenta a quiénes corresponden. Según este autor, los productos sociales marginales y los productos privados marginales pueden diferir incluso en condiciones de competencia perfecta (Pigou, 1932).

Existen dos modalidades de externalidades. Dependiendo del efecto que perciba el receptor de la externalidad, favorable o perjudicial, se refiere como externalidades positivas o negativas, respectivamente. Un claro ejemplo de externalidad negativa puede ser la contaminación, que existe cuando la producción o el consumo de un bien perjudica directamente a consumidores o empresas que no toman parte en su compra ni en su venta, y cuando esos efectos no se reflejan totalmente en los precios de mercado.

Desde el punto de vista medioambiental, cuando una empresa contaminante actúa, basándose exclusivamente en sus costes y beneficios sin tener en cuenta los costes indirectos que soportan los perjudicados por la contaminación, se origina una externalidad negativa. Los costes indirectos, que no son soportados ni por el productor ni por el usuario, abarcan el deterioro de la calidad de vida, el encarecimiento de la atención de la salud y la pérdida de oportunidades de producción. Por lo tanto, cuando las externalidades son negativas, los costes sociales superan a los privados. Estos costes que no son asumidos recaen, normalmente, sobre la sociedad en general.

1.2. Emisiones de CO₂ del sector automovilístico

Para poder analizar las implicaciones económicas de las emisiones del sector automovilístico es necesario definir el concepto “efecto invernadero”. El efecto invernadero constituye un fenómeno natural causado por los gases que componen la atmósfera que actúan permitiendo el paso de la radiación solar hacia la Tierra, pero reteniendo parte de la reflejada por la superficie terrestre (Cancelo & Díaz, 2006).

En la actualidad, el problema que se plantea es la existencia de un efecto intensificado de calentamiento global por la emisión a la atmósfera de gases invernadero de origen antropogénico. El estudio realizado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático concluye que es inequívoco que el calentamiento se debe a la acción humana y que desencadena un incremento en la intensidad y frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos (IPCC, 2022).

Los principales gases causantes del efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO₂), el metano, los clorofluorocarbonos y el óxido nitroso. Entre ellos, el principal es el CO₂, al que se le culpa el 60% del efecto invernadero causado por las actividades humanas, siendo las primordiales fuentes de emisiones de CO₂ la quema de combustibles fósiles y la deforestación (Cancelo & Díaz, 2006).

Con respecto a las emisiones del tráfico terrestre, estas son consideradas como la principal responsable de la contaminación atmosférica urbana (Harrison et al., 2021). Para reducir este impacto, existen nuevas tecnologías, entre las cuales destacan los vehículos eléctricos, que son considerados como una solución de un gran potencial para reducir significativamente las emisiones de CO₂.

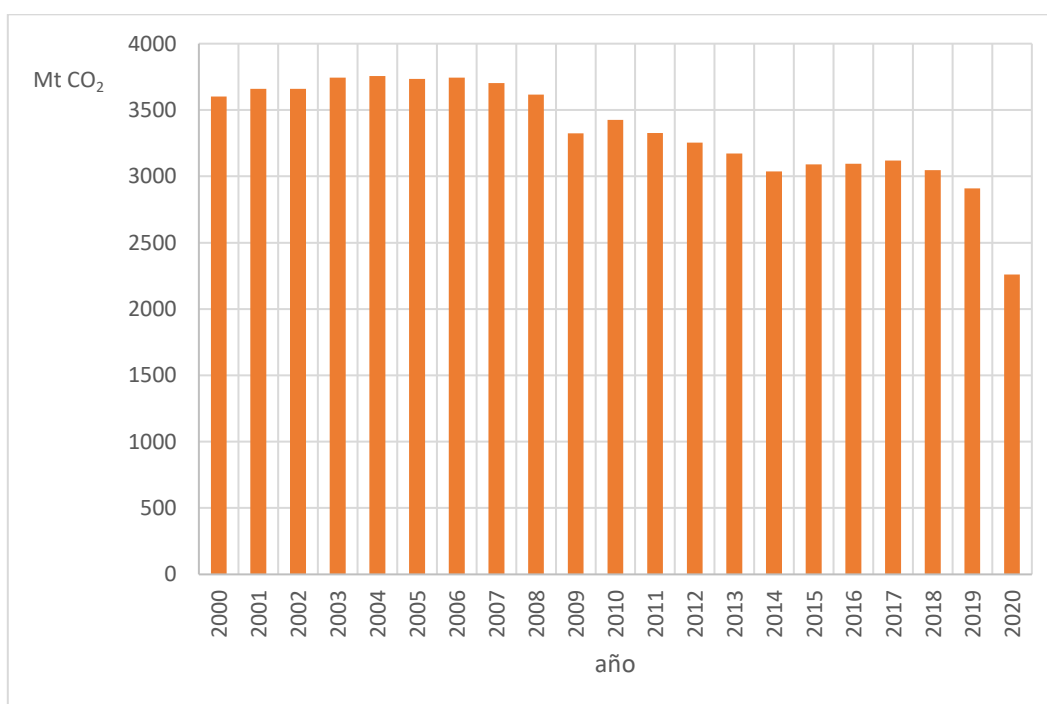
El tráfico terrestre contribuye a la contaminación del aire a través de diversas vías. En primer lugar, mediante las emisiones del tubo de escape, constituidas por partículas y gases. En segundo lugar, a través de contaminantes secundarios que se forman a partir de la transformación de las emisiones primarias de los tubos de escape. En tercer y último lugar, por emisiones que no provienen del tubo de escape, como, por ejemplo, por el desgaste de los frenos, de los neumáticos y la superficie rodada y el polvo en suspensión (Harrison et al., 2021).

El Gráfico 1 muestra los datos de las emisiones de CO₂ en UE-27, en las dos primeras décadas del siglo XXI, apreciándose un aumento progresivo de las emisiones hasta el año

2008. A partir de 2009, y gracias a las políticas implantadas por la Unión Europea, se da una progresiva reducción. En 2020, el último año analizado, se registra una drástica disminución, 2.259 millones de toneladas de dióxido de carbono, un dato que supone una diferencia de 651 millones de toneladas con respecto al año anterior. Esta reducción tan significativa se puede explicar a consecuencia de que 2020 fue un año marcado por las restricciones de movimientos para hacer frente a la pandemia del Covid-19.

Gráfico 1: Emisiones de CO₂ en UE-27 durante el período 2000-2020.

Unidades: millones de toneladas de CO₂ (MtCO₂)

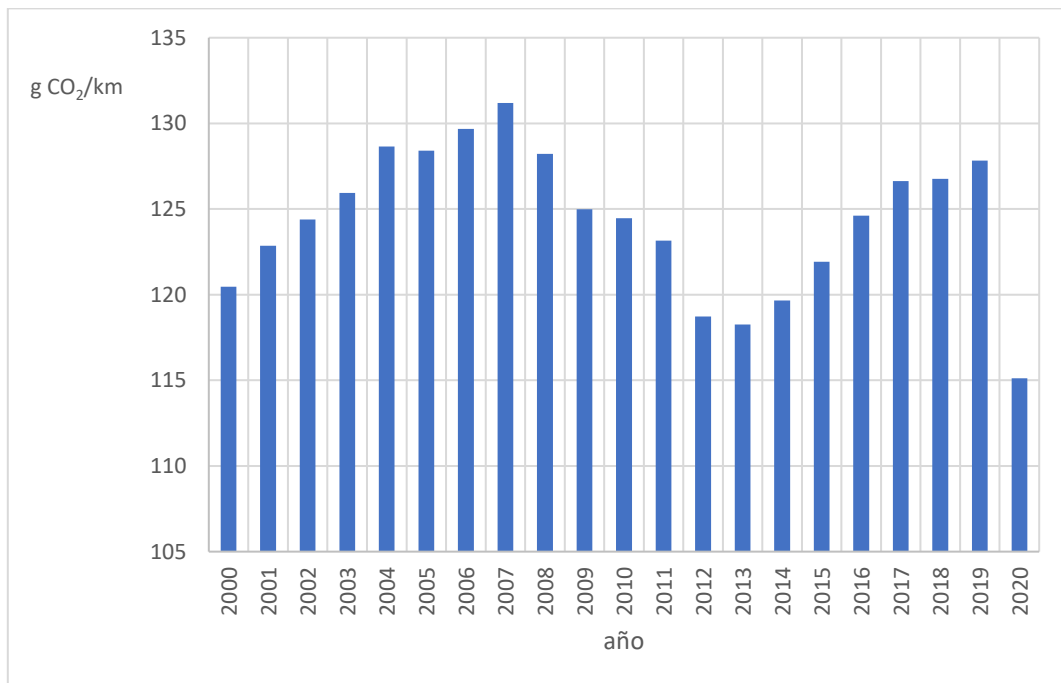


Fuente: Elaboración propia a partir de Friedlingstein et al. (2021).

Por su parte, el Gráfico 2 muestra las emisiones de CO₂ en la UE-27 pertenecientes al transporte terrestre expresadas en gramos de dióxido de carbono por kilómetro (g CO₂/km). En él se observa un descenso constante entre 2010 y 2016 de casi 22 g CO₂/km, como consecuencia de la firma acuerdos voluntarios con la industria automovilística para conseguir una reducción de emisiones de CO₂ en los nuevos vehículos. Posteriormente, las emisiones medias de los turismos nuevos aumentaron en 2017, 2018 y 2019, alcanzando los 122,3 g CO₂/km en 2019. Aunque se mantienen por debajo del objetivo de 130 g CO₂/km establecido para el periodo 2015-2019, está muy

por encima del objetivo de 95 g CO₂ /km establecido para 2020-2024 (EEA, 2021). Este aumento puede ser explicado por diversas causas, entre ellas el crecimiento de los vehículos utilitarios deportivos del sector del transporte terrestre. Este tipo de vehículos son más pesados y poseen motores más potentes, contribuyendo, por lo tanto, a un aumento del consumo de combustible. Otro factor que favorece el consumo de combustible es el incremento del peso de los automóviles convencionales en 22 kilos de promedio entre los años 2018 y 2019 (EEA, 2021).

Gráfico 2: Emisiones de CO₂ en el sector automovilístico en EU-27 durante el período 2000-2010. Unidades: gramos de CO₂ por kilómetro (g CO₂/km)



Fuente: Elaboración propia a partir de EEA (2021)

Los Gráficos 1 y 2 están presentados en distintas unidades, esto es debido a que la unidad gramo por kilómetro recorrido es la utilizada en los objetivos de la Unión Europea. Conocidos el número de vehículos que circulan por Europa y el número promedio de kilómetros recorrido por cada vehículo se podría comparar los datos expuestos en los gráficos anteriores y, así estimar el CO₂ emitido anualmente por el tráfico rodado. A modo de ejemplo, se han analizado los años 2016 y 2019. En 2016, en Europa existían 505 automóviles por cada mil habitantes, una población total de 340.481.753 habitantes y un

kilometraje anual medio de 12.000 kilómetros con una emisión (Eurostat, 2016) según recoge el Gráfico 2, de 125 gramos de CO₂ por kilómetro, lo que equivale a 258 millones de toneladas de dióxido de carbono, que representa el 8% de las emisiones en 2016 (Gráfico 1). Realizando los mismos cálculos para 2019, con 15.757.412 automóviles (Eurostat, 2019), con el mismo kilometraje medio y una emisión, tal y como se presenta en el Gráfico 2, de 128 gramos de dióxido de carbono por kilómetro, supone 461 millones de toneladas de CO₂, es decir el 16% del total del CO₂ emitido en la UE-27 en 2019.

Como se observa en el Gráfico 2, las emisiones del sector automovilístico de la Unión Europea aumentaron un 0,8 % entre 2018 y 2019 (de 127 a 128 gramos de CO₂ por kilómetro). En 2020, a causa de la cuarentena provocada por la pandemia de Covid-19, las emisiones cayeron un 12,7 %. Un importante descenso si se compara, por ejemplo, con los años posteriores a la crisis económica de hace una década, en los que las emisiones disminuyeron entre un 1% y un 3% por año. Se espera un repunte significativo de las emisiones del transporte tras 2020, que podría prorrogarse hasta 2025 si no se aplican medidas adicionales, y a partir de entonces, se espera reducción progresiva. Otro escenario muy distinto se daría si se aplicaran las políticas y medidas adicionales, que consisten en términos generales en fomentar un cambio hacia combustibles bajos en carbono o vehículos eléctricos y promover el transporte público. En este caso, el aumento se prorrogaría hasta 2022, reduciéndose las emisiones a partir de ese mismo año (EEA, 2021).

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el transporte por carretera es el mayor contribuyente de las emisiones totales del transporte. Se espera que esto disminuya a medida que el transporte por carretera se descarbonice más rápidamente que otros modos de transporte. Los mayores aumentos de emisiones hasta 2030 se proyectan en el sector de la aviación, seguido del transporte marítimo internacional, ya que no son priorizados por las políticas nacionales. Por lo tanto, se postula que estos subsectores constituyan una mayor proporción de las emisiones del sector del transporte en los próximos años (EEA, 2021).

1.3. Efectos en la salud.

Las emisiones del transporte también tienen importantes consecuencias en la salud de la población. En Europa se considera que la contaminación atmosférica es el mayor riesgo ambiental para la salud. Concretamente, la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó en 2021 evidencias científicas de esta afectación a la salud humana (EEA, 2021).

Se ha demostrado científicamente que la contaminación del aire provoca diversos problemas de salud, en especial enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Entre los muchos problemas ambientales que afectan la salud humana, uno de los mayores peligros es la inhalación de partículas con un diámetro aerodinámico de 2.5 μm , conocidas como PM2.5 (Nansai et al., 2021). La exposición crónica a estas partículas finas (PM2.5) aumentan el riesgo de enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares, cáncer de pulmón y muchas enfermedades respiratorias (OECD, 2020). Las enfermedades respiratorias y cardiovasculares y el cáncer causado por la exposición al PM 2.5 ambiental fueron en 2016, según la OMS, responsables de alrededor de 4,2 millones de muertes prematuras. La mayoría de estas muertes ocurrieron en países con unos ingresos bajos y medios (OMS, 2021). No obstante, en 2017, el 91 % de la población mundial vivía en áreas donde la calidad del aire está por debajo de las pautas de la OMS (OMS, 2017). Además, se debe señalar que tener antecedentes vinculados a la exposición de estas partículas hace que las personas sean más vulnerables a los síntomas del COVID-19. En especial, algunos grupos de población son particularmente vulnerables a los efectos de la contaminación atmosférica, como las personas mayores, los niños, las personas con enfermedades crónicas y las personas sin recursos. Se debe hacer especial mención a los hogares con bajos ingresos, que son más vulnerables debido a una mayor exposición y a una mayor susceptibilidad a consecuencias graves para la salud cuando están expuestos. Por ello, se puede decir que las mejoras en la calidad del aire pueden beneficiar a los hogares de bajos recursos y, además, reducir desigualdades en la salud (OECD, 2020).

La Comisión Europea ha fijado, en su European Green Deal's Zero Pollution Action Plan, el objetivo de reducir la cantidad de muertes prematuras causadas por PM2.5 en un 55% en comparación con los niveles de 2005. Para ello, la Comisión Europea ha iniciado la revisión de las directivas de la calidad medioambiental del aire, procurando aproximarse

lo máximo posible a los estándares de calidad del aire fijados por las recomendaciones de la OMS (EEA, 2021).

La disminución de las emisiones de los últimos años se ha traducido a una menor exposición de la población a PM2.5 en la mayoría de los países de la UE. Sin embargo, en 2018, en 21 países europeos, las concentraciones anuales de PM2.5 superaron los valores recomendados por la OMS (OECD, 2020).

Esa contaminación también supone, por ser responsable de esas muertes, un coste económico para la sociedad de varios billones de euros al año (OMS, 2015). Todo lo anteriormente señalado, redundando en grandes pérdidas de bienestar provocado por una mayor mortalidad y una menor calidad de vida, esto es debido a los problemas de salud asociados, al incremento del coste de atención médica y a la reducción de la productividad laboral derivada de mayores ausencias del trabajo relacionadas (OECD, 2020). Estas pérdidas del bienestar representan alrededor del 8 % de las pérdidas totales de bienestar, lo que equivale a unos 48 000 millones de euros en la Unión Europea. Los incrementos de los costes sanitarios representan alrededor del 2,5 % de las pérdidas totales de bienestar, unos 15 000 millones EUR. Finalmente, las pérdidas de productividad laboral por días de trabajo perdidos debido a enfermedades relacionadas con la contaminación del aire representaron el 2 % restante de las pérdidas de bienestar, unos 11 000 millones EUR (Antoine et al., 2019).

Además, se debe señalar que las muertes prematuras de la población activa tienen una repercusión negativa en la economía, suponiendo la pérdida de insumos laborales para la producción y los resultados de la misma. El coste económico de las muertes prematuras por contaminación atmosférica es, en la mitad de los países de la Unión Europea, aproximadamente igual o superior al 10% del PIB. En un quinto de los países de la Unión Europea, es decir, no menos de 10 países, el coste económico de las muertes prematuras por contaminación atmosférica es alrededor del 20% del PIB (OMS, 2015).

Los principales desafíos para reducir el fuerte impacto de la contaminación del aire en la salud y el bienestar de las personas consisten en seguir reduciendo las emisiones de contaminantes del aire, logrando una fuerte desvinculación de las emisiones del crecimiento económico y limitando el grado de exposición de la contaminación de la población.

1.4. Agotamiento de los combustibles fósiles.

Finalmente, en este capítulo se va a tratar del agotamiento de los combustibles fósiles y su impacto en la economía. Un combustible fósil es un recurso energético no renovable que se originó hace millones de años por la descomposición de materia orgánica, es decir, de restos de animales y vegetales, mediante un proceso natural. Existen tres tipos de combustibles fósiles: el carbón, el petróleo y el gas natural.

La obtención de energía a partir de la quema de combustibles fósiles tiene su inicio en torno a la Revolución Industrial. El consumo de combustibles fósiles ha aumentado considerablemente en el último siglo, multiplicándose por 8 desde 1950 y duplicándose desde 1980 (Ritchie & Roser, 2020).

Actualmente la mayor fuente de energía a nivel mundial es el petróleo, siendo también la fuente de energía principal en el sector transporte. Como es sabido, los combustibles fósiles son finitos, es decir, no son renovables, y se agotarán en algún momento. Durante las últimas décadas, el riesgo de agotamiento de los combustibles fósiles ha sido una preocupación persistente. Una de las principales teorías sobre este tema es la curva de M. King Hubbert (Hubbert, 1956). Esta teoría consiste en predecir que la producción de petróleo llegará a su pico y después decrecerá tan rápido como creció, poniendo énfasis en que el factor limitante es la energía necesaria para la extracción del combustible y no el factor económico. En 1979, durante la crisis del petróleo, Hubbert (1956) erróneamente predijo que se alcanzaría el pico del petróleo en 2000. Sin embargo, la producción y el consumo mundiales de petróleo siguen creciendo (Xiaobing & Molina, 2014).

Estas curvas son difícilmente predecibles debido al constante descubrimiento de reservas y al avance tecnológico. Desde 1955 las reservas de petróleo han aumentado en más del 50 por ciento y las del gas natural en más del 55 por ciento (Ritchie & Roser, 2020).

Aunque el agotamiento de los combustibles fósiles pueda ser un problema apremiante en los próximos años, hay que considerar el cambio climático como otra limitación importante en el uso de éstos. Si se quemaran todas las reservas mundiales actualmente conocidas, emitiríamos casi 750 mil millones de toneladas de CO₂. Por ello, hay que conservar alrededor de dos tercios de las reservas conocidas sin explotar para cumplir con los objetivos climáticos globales (Ritchie & Roser, 2020).

Helm (2017) expuso que en la medida que el final de los combustibles fósiles se acerca, éste se ve acelerado por varios factores. En primer lugar, por los precios bajos de la energía propiciados por el cambio técnico, que desincentivan la inversión para ampliar la capacidad de los combustibles fósiles. En segundo lugar, por el aumento de las restricciones de carbono. En tercer y último lugar, el aumento de los "futuros eléctricos", y las combinaciones de energía solar avanzada y baterías en particular, que expulsarán primero al petróleo del transporte, y luego al carbón y al gas de la electricidad (Paterson, 2021).

Por otro lado, Princen et al. (2015) sostiene que, refiriéndose a las "estrategias de salida", el fin de los combustibles fósiles podría llegar a consecuencia de las estrategias de salida interesadas de las corporaciones de combustibles fósiles, debido a que algunas de las empresas dedicadas al carbón, el petróleo y el gas toman la decisión de abandonar minas o pozos concretos, normalmente con alrededor de la mitad del recurso total aún bajo tierra.

1.5. Posibles medidas para internalizar las externalidades negativas medioambientales planteadas.

Una posibilidad de internalizar las externalidades negativas anteriormente expuestas es el mercado de emisiones de CO₂. Los derechos de emisiones consisten en las cantidades de CO₂ que los gobiernos permiten a las compañías emitir en base a su actividad durante un tiempo establecido (Rubio et al., 2020).

De las políticas de la Unión Europea del cambio climático deriva el "Emissions Trading System" (sistema de comercio de emisiones), en adelante "ETS", que resulta imprescindible para reducir el efecto invernadero. Este sistema regula anualmente una asignación de emisiones. El ETS de la Unión Europea consta de 4 etapas: Primera fase (2005-2007), Segunda fase (2008-2012), Tercera fase (2013-2020) y Cuarta fase (2021-2030) (Ciesilska-Maciagowska, 2021)

La primera fase consistía en un proyecto piloto de tres años de "learning by doing" con la finalidad de preparar la siguiente fase, cuando realmente el ETS de la UE tendría que haber funcionado eficazmente para ayudar a cumplir sus objetivos de Kioto. En esta etapa se consiguió lograr: un precio para el carbono, el libre comercio de los derechos de

emisión en todo el territorio de la Unión Europea y la infraestructura necesaria para controlar, notificar y verificar las emisiones de las empresas cubiertas

La segunda fase coincidió con el primer periodo de compromiso del Protocolo de Kioto, en el que los países del ETS tenían que cumplir objetivos específicos de disminución de emisiones. Las principales características de esta fase a destacar son: el establecimiento de un límite inferior de derechos de emisión, la incorporación de 3 nuevos países (Islandia, Liechtenstein y Noruega), la proporción de asignaciones gratuitas se redujo ligeramente, la celebración de subastas en varios países, el incremento de la sanción por incumplimiento, el permiso a las empresas para comprar créditos internacionales por un total de unos 1.400 millones de toneladas equivalentes de CO₂ y la incorporación del sector de la aviación en las ETS en 2012 (Comisión Europea, 2013).

La tercera fase cambia las reglas de las anteriores fases, en ella se reemplaza el anterior sistema de límites nacionales de emisiones por un límite común para toda la Unión Europea, siendo el principal método de asignación de derechos de emisión la subasta, en lugar de la asignación gratuita. Esto conlleva que las empresas tengan que comprar derechos de emisión en el mercado en función de su demanda. Además, el número de derechos de emisión se limita cada año para que su precio sea valorado por el mercado (Ciesilska-Maciagowska, 2021).

En 2018, el precio de los derechos de emisión de CO₂ en Europa incrementó un 60%, situándose sobre los 22€ por tonelada, y se prevé que prosiga creciendo. Por ello, se puede considerar el CO₂ como un instrumento financiero en el ámbito de actuación de bancos, compañías y fondos de inversión. Con todo ello, y considerando que el número de derechos gratuitos será restringido, los actores de la ETS están comprando y elevando más el precio del CO₂ (Rubio et al., 2020).

En septiembre de 2020, dentro de la cuarta fase, la Comisión Europea, siguiendo el Pacto Verde Europeo, propuso, para 2030, incrementar el objetivo de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, en un 55 % en comparación con 1990, siendo el objetivo anterior para 2030 un 40 % (Ciesilska-Maciagowska, 2021).

Según indica Benz&Trueck (2006), los derechos de emisión no son los “bienes normales”. Recordar, que un bien normal es aquel que, si aumenta el ingreso del consumidor, aumento la demanda del bien. En otras palabras, el precio de los "bienes

normales" depende de la ganancia que se espera del uso de esos bienes. Sin embargo, el precio de los permisos depende directamente de la deficiencia esperada del mercado resultante del desequilibrio entre la oferta y la demanda actual. Por eso, los derechos de emisión de CO₂ se especifican como “factores de producción”. Las empresas pueden decidir cambiar el método de producción para reducir las emisiones de CO₂, controlando así su demanda.

Los precios de los derechos de emisión están sujetos a fluctuaciones constantes, en los últimos años, los precios han fluctuado entre 15 y 30 EUR (Ciesilska-Maciagowska, 2021). En 2022, se prevé que los derechos de emisión de la UE rondan los 41,61 EUR/tonelada. En 2030 los precios esperados son 80 y 120 EUR/tonelada en 2040 (Twidale, 2020). Estas previsiones son cruciales para muchas industrias, al ser los derechos de emisión un factor relevante de la producción.

El precio de los derechos de emisión de dióxido de carbono depende totalmente de la demanda de estas emisiones, que depende directamente de factores macroeconómicos. Al crecer la economía mundial, se da un mayor PIB, una menor tasa de desempleo, una mayor inversión, lo que conlleva a una mayor demanda de emisiones de CO₂ (Barassi & Spagnolo, 2012).

Otra posibilidad de internalización es la implementación de políticas efectivas de prevención y control de la contaminación, políticas de transporte y movilidad sostenibles, y la estimulación de la inversión en tecnologías más limpias sin emisión de partículas y otros contaminantes (OECD, 2020). Entre las medidas que se están implantando cabe destacar el, ya mencionado, mercado de emisiones, que al limitar las emisiones de CO₂ limita, a su vez, las de otros gases contaminantes y perjudiciales para la salud que se producen en las combustiones. También se debe mencionar la limitación del transporte en el centro de las grandes ciudades europeas como Madrid, París, Ámsterdam y Roma, estableciendo así zonas de bajas emisiones en EU-27.

Por todo ello podemos concluir que es totalmente imprescindible un nuevo modelo de movilidad para lograr descarbonizar la economía, lo que conllevaría al desarrollo de tecnologías limpias reduciendo las emisiones.

Capítulo 2. Implantación del vehículo eléctrico en el sector automovilístico europeo.

2.1. Situación actual del sector automovilístico en Europa (UE-27).

En la actualidad, el sector del automóvil de la UE es un pilar fundamental para la economía de la UE-27, al generar un volumen de negocios que representa más del 7% del PIB de la UE, que ascendió a unos 936.000 millones de euros en 2020 (Comisión Europea, 2021). El sector desempeña un papel importante en la economía a través de su amplia cadena de suministro y generando diversas actividades empresariales (De Vet et al., 2021). Además, supone un superávit de 74 000 millones de euros, gracias a los más de 5,6 millones de vehículos exportados al año al resto del mundo (ACEA, 2021). La fabricación de automóviles emplea a 3,5 millones de personas (Comisión Europea, 2021), de las cuales 1,2 millones están empleadas en las plantas de montaje, 1,4 millones en los proveedores de automóviles y el resto en la fabricación indirecta de automóviles (ACEA, 2020-2021).

La UE posee una situación de liderazgo con respecto al sector del automóvil, esto se debe a su gran capacidad de innovación. Este sector es el mayor inversor privado en investigación y desarrollo (I+D) de la UE, con más de 62 000 millones de euros invertidos en 2019 (Comisión Europea, 2020).

En la Tabla 1 se muestran el número plantas de ensamblaje de automóviles y de producción de motores en la Unión Europea. Se ha elaborado a partir de datos de 2019 proporcionados por la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles. En la UE-27 existen 196 plantas de montaje y producción, aproximadamente la mitad de éstas se dedican a los vehículos de pasajeros y el 30% están dedicadas exclusivamente a la producción de motores.

Tabla 1: Plantas de ensamblaje de automóviles y de producción de motores en la UE-27 en 2019

País	Número de fábricas de automóviles
Alemania	42
Austria	5
Bélgica	8
Croacia	3
Eslovaquia	4
Eslovenia	1
España	17
Finlandia	3
Francia	31
Hungría	6
Italia	23
Países Bajos	10
Portugal	5
Polonia	16
República Checa	9
Rumanía	3
Suecia	10
Total	196

Fuente: Elaboración propia a partir de ACEA (2021)

La industria automovilística europea está formada por algunos de los principales fabricantes de automóviles del mundo, como Volkswagen, Daimler, BMW, Stellantis. Además, los fabricantes de automóviles no europeos tienen también plantas de montaje dentro de la UE, como Hyundai en la República Checa.

En 2018, en la UE27, se estimó que unas 17.000 empresas estaban activas en la fabricación de vehículos, 2.757 con sede en Alemania, 2.167 en Italia, 1.717 en Polonia, 1.623 en España, 1.611 en Francia y 1.089 en Chequia. En la UE el sector automovilístico destaca por ser el ecosistema más integrado en las cadenas de valor intracomunitarias

(fabricación de los vehículos, proveedores, fabricantes de baterías, de neumáticos, etc.), con más del 45% de su producción dependiendo de las cadenas de valor transfronterizas (Brown et al., 2021).

Aunque la fabricación de vehículos se centra en unos pocos países europeos, también, otros países desempeñan papeles relevantes en la cadena de valor. Esto es debido a que los fabricantes de automóviles de Europa occidental subcontrataron parte de su red de proveedores y de la fabricación a los países de Europa Central y Oriental, donde los costes son inferiores. Según un informe de la revista McKinsey de 2021, los mercados de Europa central y oriental ofrecen un potencial sin explotar para el desarrollo de una I+D competitiva en el sector del automóvil en la región (Svoboda et al., 2021).

Por otro lado, el sector del automóvil ha sido una de las industrias más afectadas por el COVID-19, tal y como ha señalado la Comisión Europea. Esto es gran medida a consecuencia a las interrupciones de la cadena de suministro y, sobre todo, a las medidas de contención adoptadas en toda Europa entre marzo y mayo de 2020 (Accenture, 2020). Sufrió unas pérdidas de producción, en tan solo la primera mitad del 2020, de 3,6 millones de vehículos, es decir, unas pérdidas de unos 100.000 millones de euros. Esto provocó cierre de plantas, rescates por problemas de liquidez y pérdidas de empleos (Brown et al., 2021).

En 2021, las ventas de vehículos continuaron descendiendo en UE como consecuencia de la menor capacidad de producción y del descenso de la confianza de los consumidores. En junio de 2021, aunque el número estaba remontando, no se alcanzaron los niveles anteriores a COVID-19 (Brown et al., 2021).

A este contexto, hay que añadir el actual conflicto bélico entre Rusia y Ucrania, que pone en relieve los riesgos de hacer negocios en países autoritarios, no sólo en Rusia, sino también en China. Esto plantea interrogantes sobre la creciente dependencia de la industria del automóvil del mercado chino. El apoyo de China a Rusia ha conllevado a un incremento de las tensiones ya existentes entre las relaciones entre Pekín y Estados Unidos y Europa, enfrentadas por el comercio.

Un ejemplo de las consecuencias de la guerra entre Rusia y Ucrania en el comercio internacional son los fabricantes de automóviles, con su alcance global, sus complejas cadenas de suministro y sus millones de empleados. La guerra obligará a todas las empresas a tener en cuenta su exposición a un clima político cada vez más hostil. Tras la

puesta en manifiesto, tras las guerras comerciales y la pandemia, de la gran vulnerabilidad de las cadenas de suministro mundiales, el conflicto incrementará la presión a la que se enfrentan ahora las corporaciones para fabricar más cerca y reducir el riesgo de que la agitación en un lugar lejano sumerja sus operaciones en el descontrol.

Se puede predecir que las implicaciones a largo plazo de esta guerra serán una desglobalización más rápida y un alejamiento del pensamiento de que los intereses económicos sobrepasan los intereses de la política exterior o de seguridad. Esto puede traer consigo que, como consecuencia, China podría perder importancia como mercado de exportación para los fabricantes de automóviles europeos. No se debe olvidar que China posee el mercado automovilístico más grande y con mayor crecimiento del mundo, además de una fuente crucial de beneficios para la mayoría de los grandes fabricantes y proveedores de automóviles, incluidas empresas como Tesla. Volkswagen vende más de la mitad de los coches que fabrica en China, y el país representa alrededor de un tercio de las ventas de BMW y Mercedes-Benz (Paoli & Gül, 2022). También se ha convertido en una fuente crucial de litio refinado necesario para las baterías de los coches eléctricos, así como en un importante fabricante de estas.

Los fabricantes de automóviles europeos abandonaron Rusia días después del envío de tropas rusas a Ucrania. Volkswagen detuvo la producción en sus dos instalaciones en Rusia y suspendió las exportaciones de todos los vehículos al país indefinidamente. Mercedes-Benz y BMW tomaron medidas similares, anunciando que detendrían la fabricación en Rusia y las exportaciones al país.

En conclusión, el sector automotriz europeo es esencial para el conjunto de la economía de la UE. A pesar del fuerte posicionamiento actual a nivel mundial de los fabricantes de automóviles de la UE, se enfrenta a tres importantes desafíos: la ecologización de la industria; la digitalización; y la creciente competencia mundial (Brown et al., 2021).

2.2. Introducción del vehículo eléctrico.

Ante los desafíos a los que se enfrenta el sector automovilístico el vehículo eléctrico es una solución óptima para la contaminación atmosférica en la urbe, lo que implica numerosos beneficios para la salud y la calidad de vida. La sustitución de la gasolina y el gasóleo por la electricidad consigue que se reduzcan las emisiones de carbono y las emisiones de partículas dañinas para la salud. Además, propician un potencial almacenamiento de energía en la red eléctrica, lo que puede contribuir a equilibrar las penetraciones intermitentes de generación eólica y solar, y así, integrar en la red grandes porcentajes de electricidad renovable intermitente. (Kittner et al., 2020)

En la actualidad, existen más de 5 millones de vehículos eléctricos desplegados en todo el mundo, alcanzando el 2% de las ventas nuevas en Estados Unidos, el 8% en los Países Bajos, el 7% en Irlanda, el 3% en Portugal y el 5% en China (Kittner et al., 2020). En Noruega, la mitad de los coches vendidos nuevos en 2018 eran eléctricos (EVO, 2020). Esto se debe a que cada vez son más asequibles y están disponibles para segmentos más amplios de la población europea. A parte, para fomentar su adopción se están adoptando numerosas políticas incentivadoras.

Los vehículos eléctricos se componen de piezas críticas que son esenciales para intentar reducir el coste total, por ello, se le debe prestar especial atención a la autonomía, la vida útil y el coste de las baterías, al ser un componente principal del precio total del vehículo eléctrico (McKerracher et al., 2019).

Los avances en la tecnología de las baterías han supuesto la expansión del mercado de los vehículos eléctricos en forma de transporte público y de vehículos personales. El transporte eléctrico terrestre se puede clasificar generalmente en tres. En primer lugar, los vehículos eléctricos de batería, BEV, que funcionan totalmente con electricidad, utilizando un sistema de propulsión eléctrica y dependiendo de la energía suministrada por un paquete de baterías. La batería se carga externamente en las estaciones de carga y mediante la energía de frenado recuperada, denominada frenado regenerativo (Ying Yong et al., 2015). En segundo lugar, los vehículos eléctricos híbridos, VHE, combinan una fuente de energía eléctrica con cualquier otra fuente de energía, lo más normal es combinar un motor eléctrico con almacenamiento en batería con el motor de combustión interna convencional y el depósito de combustible. En último lugar, los vehículos eléctricos de pila de combustible, FCEV, como los BEV, se basan únicamente en un

sistema de propulsión eléctrica, pero cuya principal fuente de energía es una pila de combustible (Kittner et al., 2020).

En relación con el desarrollo de mercado, se debe señalar que los vehículos eléctricos se han utilizado durante los últimos 200 años, de hecho, el primer los primeros automóviles fueron eléctricos. A finales del siglo XIX el desarrollo tecnológico de los vehículos eléctricos era superior al de los vehículos con motor de combustión interna. El ingeniero Camille Jenatzy construyó, en 1899, el primer coche que alcanzó los 100 km/h. Éste consistía en un vehículo eléctrico con una carrocería de aleación ligera de aluminio con forma de torpedo al que denominó "*La Jamais Contente*". Al principio del siglo XX los vehículos eléctricos alcanzaron un éxito comercial relativo a consecuencia de la sencillez su conducción, y primordialmente debido a que no era necesario el arranque manual con manivela, característico de los coches de gasolina de la época (Miranda & Iglesias, 2015).

Sin embargo, a causa de la limitada capacidad de almacenamiento de las baterías y a las mejoras en los motores de combustión interna, disminuyó el interés en los vehículos eléctricos. Posteriormente, en los años 70, la crisis del petróleo hizo que se renovara la atención en los vehículos eléctricos. No obstante, no fue hasta el siglo XXI cuando existieron opciones viables para la circulación de éstos. Hoy en día, los vehículos eléctricos de batería dominan el mercado de los vehículos eléctricos, ofreciendo una mayor eficiencia de combustible, consiguiendo viajar más lejos haciendo uso de menos energía y emitiendo menos emisiones de gases de efecto invernadero.

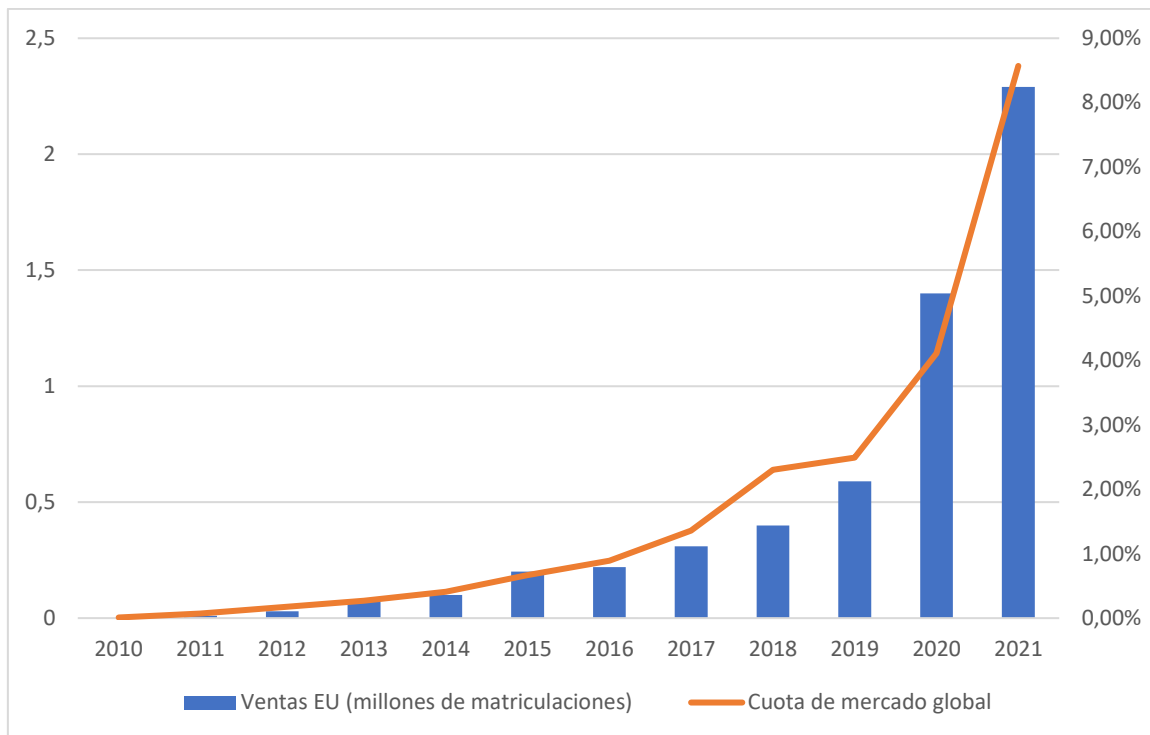
La implantación de los vehículos eléctricos está provocando un cómputo de mejoras tecnológicas y reducciones de costes derivado de economías de escala y del efecto aprendizaje. En el sector automovilístico la electrificación es un factor de cambio por las relevantes ventajas energéticas y medioambientales derivadas de la alta eficiencia de los vehículos, la ausencia de emisiones del tubo de escape y la menor dependencia del petróleo. A largo alcance, las implicaciones para la integración de los vehículos en la red se extenderán tanto al sector eléctrico como el energético (Muratori et al., 2021).

En el sector de las energías limpias, son pocas las áreas tan dinámicas como el mercado de los vehículos eléctricos. En 2012 se vendieron unos 130.000 coches eléctricos en todo el mundo, y actualmente, se venden el mismo número en una sola semana. Este incremento ha sido particularmente acentuado en los últimos tres años, incluso cuando la

pandemia mundial redujo el mercado de los coches convencionales y cuando los fabricantes empezaron a tener problemas con la cadena de suministro. En 2019, se vendieron un total de 2,2 millones de coches eléctricos, lo que representa solo el 2,5% de las ventas mundiales de automóviles. En 2020, el mercado automovilístico global se contrajo, pero las ventas de coches eléctricos contrarrestaron la tendencia, aumentando a 3 millones y representando el 4,1% de las ventas totales de coches. En 2021, las ventas de coches eléctricos se duplicaron hasta alcanzar los 6,6 millones, lo que representa casi el 9% del mercado mundial de automóviles y triplicando su cuota de mercado. Además, es importante mencionar que todo el crecimiento neto de las ventas mundiales de coches en 2021 procedió de los coches eléctricos. En la actualidad, se estima que circulan unos 16 millones de vehículos eléctricos en todo el mundo, que consumen aproximadamente 30 teravatios-hora de electricidad al año (IEA, 2022).

En el Gráfico 3 se observan las ventas de la Unión Europea de vehículos eléctricos (en azul), expresadas en millones de matriculaciones, y la cuota de mercado global de los coches eléctricos (en naranja), durante los años 2010 y 2021. En el Gráfico 3 se aprecia un exponencial crecimiento, llegando en 2021 a un total de 2,29 millones de nuevas matriculaciones de vehículos eléctricos, con una cuota de mercado global de 8,57%, un 4,46% superior con respecto al año anterior.

Gráfico 3. Ventas de la UE y cuota mercado global de coches eléctricos, 2010-2021



Fuente: Elaboración propia a partir de IEA (2020).

Las ventas de coches eléctricos en Europa en 2021 se vieron incrementadas cerca del 70%, hasta alcanzar los 2,29 millones, de los cuales aproximadamente la mitad eran híbridos enchufables. Sin embargo, este aumento fue inferior al acontecido en 2020, a consecuencia de un mercado automovilístico europeo general que no se había recuperado de la pandemia. Las ventas totales de coches en 2021 fueron un 25% inferiores a las de 2019. El aumento de las ventas de vehículos eléctricos en Europa fue impulsado en parte por las nuevas normativas de emisiones de CO₂ y por el incremento de las subvenciones a la compra de vehículos eléctricos en la mayoría de los principales mercados europeos. Las ventas mensuales en 2021 fueron más altas en el último trimestre del año, alcanzando su punto máximo en diciembre, cuando las ventas europeas de coches eléctricos superaron a las de vehículos diésel por primera vez, con una cuota de mercado del 21% (IEA, 2022).

En 2021, Alemania fue el mayor mercado de coches eléctricos en Europa, donde más de uno de cada tres coches nuevos vendidos en noviembre y diciembre era eléctrico. En general, los vehículos eléctricos representaron el 17% del total de las ventas europeas en 2021, pero hubo importantes diferencias entre los mercados. Noruega, con un 72%, y Suecia y los Países Bajos, con un 45% y un 30% respectivamente, encabezan la

clasificación global. Alemania, con un 25%, posee la mayor cuota de mercado entre los grandes mercados europeos, seguida del Reino Unido y Francia (15%), Italia (8,8%) y España (6,5%).

Por otro lado, se debe hacer especial mención a China, que en 2021 lideró el crecimiento mundial de los mercados de coches eléctricos, registrando unas ventas de 3,4 millones de matriculaciones. En 2021 se vendieron solo en China más automóviles eléctricos que en todo el mundo en 2020. El gobierno chino tiene como objetivo que los vehículos eléctricos alcancen una cuota de mercado del 20% para 2025 (Wu et al., 2021).

También, se debe señalar que el mercado automovilístico estadounidense en general también se recuperó, los automóviles eléctricos duplicaron su cuota hasta el 4,5%. Este mercado es dominado en su mayor parte por Tesla, que representa más de la mitad de todas las unidades eléctricas vendidas. Sin embargo, la cuota de mercado de Tesla en 2020 se redujo a un 65% debido al aumento de oferta por parte de otros fabricantes que antes no ofrecían modelos eléctricos.

A pesar del impresionante crecimiento en los principales mercados, las ventas de coches eléctricos no avanzan al mismo ritmo a nivel mundial. China, Europa y Estados Unidos representan aproximadamente dos tercios del mercado automovilístico global y alrededor del 90% de las ventas de coches eléctricos. En la mayoría de los demás mercados, los vehículos eléctricos representan menos del 2% de las ventas totales, y en las grandes economías en desarrollo, como Brasil, India e Indonesia, la cuota sigue estando por debajo del 1%, sin que haya habido un aumento significativo en el último año. En Japón, las ventas de coches eléctricos tampoco han aumentado, y su cuota de mercado se ha mantenido por debajo del 1% en los últimos tres años. Corea y Australia muestran el mayor dinamismo entre los mercados más pequeños. En Corea, las ventas de coches eléctricos se duplicaron notablemente en 2021 tras dos años sin experimentar crecimiento alguno, aumentando su cuota de mercado hasta el 8%. Las ventas de coches eléctricos en Australia también se triplicaron en 2021, superando su cuota de mercado el 2% (IEA, 2022).

Otro aspecto fundamental a destacar son las industrias directamente relacionadas con los vehículos eléctricos. En cuanto a los vehículos autónomos, existen distintas industrias que apoyan su desarrollo, siendo las industrias de apoyo más importantes los proveedores de datos y software, los fabricantes de sensores y equipos de cámaras. Sin embargo, cuando

se examina el impacto combinado de la electrificación y la digitalización de los vehículos, los semiconductores y la industria electrónica son industrias de apoyo clave (Brown et al., 2021).

La creciente importancia de la electrónica está provocando cambios estructurales en la cadena de valor del automóvil. Entre 2000 y 2015, esta creciente importancia ha provocado que se multipliquen por tres las ventas de semiconductores para automóviles. En 2019, el porcentaje de componentes electrónicos en el valor global de los vehículos constituyó el 16% en el caso de los vehículos con motor de combustión interna, y se estima que aumentará hasta el 35% en el caso de los vehículos eléctricos de batería en 2025. Se prevé que continúe creciendo hasta el 50% en 2030 (Berger, 2020).

En algunos casos, los fabricantes de semiconductores ascienden en la cadena de valor, avanzando hacia la integración funcional de sus chips y proporcionando también software para automóviles.

Se aprecia una globalización de la cadena de valor de la electrónica. En Asia se concentran aproximadamente el 80% de las fundiciones de semiconductores, mientras que el mercado de alta tecnología de la electrónica está dominado por empresas estadounidenses. Esta cadena se vio perturbada por la pandemia de COVID-19 y por las tensiones entre China y Estados Unidos, lo que generó incertidumbre en los clientes.

2.3. Consecuencias en la industria de la implantación de los vehículos eléctricos.

El cambio de los vehículos tradicionales por los vehículos eléctricos provocará importantes cambios en las necesidades de electricidad, en el volumen de emisiones y en el empleo (Ordóñez et al., 2021). Todos estos cambios repercutirán en una industria cuya relevancia ha sido destacada recientemente por el propio Parlamento Europeo, señalando que la industria europea del automóvil es, al mismo tiempo, un importante eslabón de la cadena de producción industrial y un factor fundamental de competitividad, crecimiento y empleo para Europa (Parlamento Europeo, 2013).

La introducción de este nuevo modelo afectará fundamentalmente a las siguientes actividades relacionadas con el sector, a saber: la producción y refino de los combustibles fósiles, la fabricación de vehículos de combustión interna, la comercialización y la reparación de éstos y el suministro de energía eléctrica. La relación de las ciudades

actividades con otras industrias hará que el impacto se difunda en el resto de los sectores económicos y en el sector residencial, cuya capacidad de ahorro y de compra se verá modificada (Ordóñez et al., 2021).

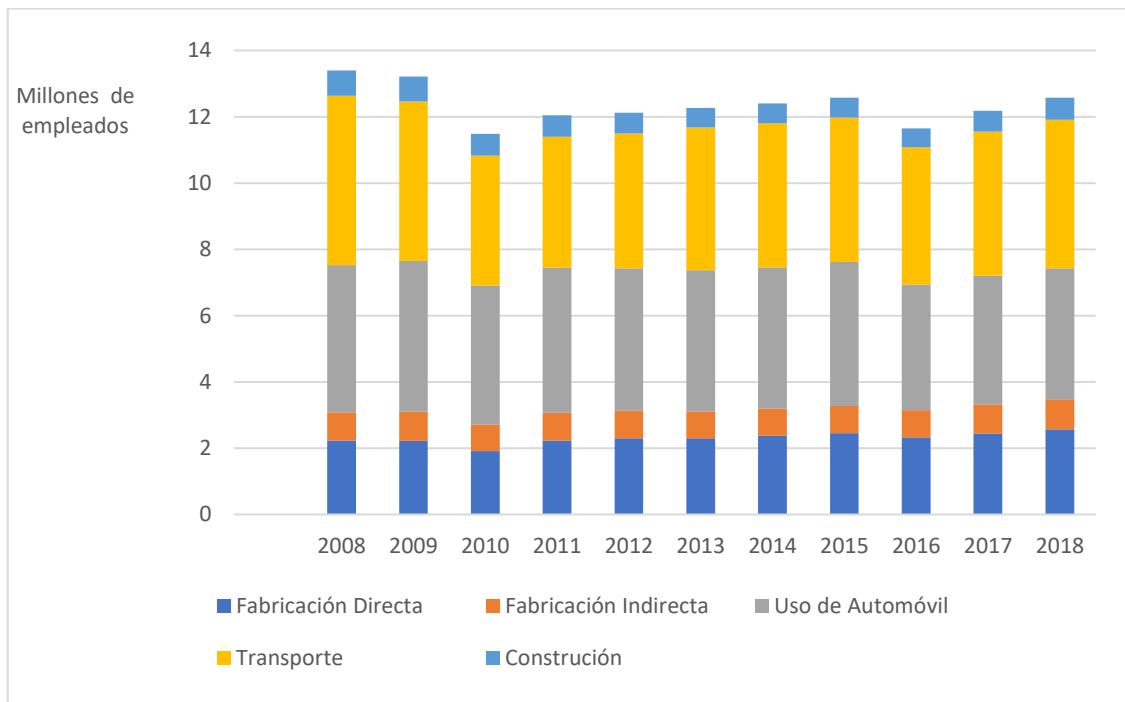
En primer lugar, se va a analizar el empleo en la industria automovilística y su incidencia en los vehículos eléctricos. Los vehículos de combustión y los eléctricos, aunque comparten algunas similitudes, también presentan relevantes diferencias entre ellos. Los principales elementos que distinguen a los vehículos eléctricos de los tradicionales son el uso de baterías y motores eléctricos. En consecuencia, el mercado de la electromovilidad exige a los trabajadores un abanico de competencias diferentes. Los principales campos en los que se necesitan competencias especializadas son los siguientes: investigación, desarrollo e innovación, que requiere de personal con formación en Química y Ciencias de los Materiales, diseño e ingeniería que implica a técnicos de ingeniería, desarrolladores de software y diseñadores industriales, mantenimiento de vehículos eléctricos que demanda personal con conocimientos en equipos informatizados y el trabajo con componentes electrónicos, y desarrollo de infraestructuras que precisa planificadores urbanos y regionales, instaladores de líneas eléctricas y electricistas (Brown et al., 2021).

Las predicciones sobre el impacto de la transición a la electromovilidad en la demanda global de puestos de trabajo están divididas. Por un lado, se estiman pérdidas significativas. En 2035, según un estudio del Instituto de Investigación sobre el Empleo, se perderán alrededor de 114.000 puestos de trabajo adicionales, un 0,3% de la población activa, que supondrá un aumento de un 10% del desempleo. En particular, es probable que el sector de los proveedores sea el más afectado por el cambio a la electromovilidad (Mönning et al., 2019). Por otro lado, también se argumenta que, a pesar de la pérdida de puestos en las industrias centradas en los combustibles fósiles a corto plazo, la creación de empleo a largo plazo de la electromovilidad neutralizará el efecto negativo. Además, sostienen que, aunque los vehículos eléctricos de batería necesiten menos trabajadores para su construcción, esto no se da para la totalidad del coche, es decir, son necesarios pasos adicionales de la producción (Brown et al., 2021).

En el Gráfico 4 se muestran los datos, proporcionados por la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles, del empleo que supone el sector automotriz en la Unión Europea expresado en millones de empleados, durante los años 2008-2018. En el Gráfico 4 se desglosa el empleo en: fabricación directa (en azul) e indirecta (en naranja), uso de

automóvil (en gris), construcción (en azul claro) y transporte (en amarillo). En el Gráfico 4 se observa un mínimo en el empleo en el sector automovilístico en 2010, registrando un total de 11.484.467 de puestos de trabajo, como consecuencia de la crisis económica y financiera de 2008. Este dato se recupera a partir del año siguiente con un ligero ascenso hasta 2016, donde se da un descenso del empleo, con un total de 11.652.701 trabajadores, que se recupera en los siguientes años. En 2018 el sector automovilístico generaba un total de 12.576.577 puestos de trabajo en la Unión Europea, de los cuales 2.571.359 eran dirigidos a la fabricación directa, 908.747 a la fabricación indirecta, 3.947.518 al uso del automóvil, 4.483.090 al transporte y 665.863 a la construcción.

Gráfico 4. Empleo del sector automotriz en la Unión Europea (2008-2018)



Fuente: Elaboración propia a partir de ACEA (2020-2021)

En segundo lugar, se va a estudiar la incidencia del Producto Interior Bruto (PIB) en la transición en el sector automovilístico hacia un modelo eléctrico. Como se ha mencionado anteriormente, el sector del automóvil contribuye de forma importante a la economía europea, representando su volumen de negocio más del 7% (Brown et al., 2021). Se debe tener en cuenta que a medida que la economía y la población crecen, se incrementa la

demanda de bienes y los recursos de la población para desplazarse. Pero este crecimiento, como se ha estudiado antes con profundidad, al tener numerosos impactos negativos en el medioambiente, es insostenible si no se toman medidas de acción, como el implemento del vehículo eléctrico (OECD, 2021).

La creciente electrificación de los vehículos conduce a un nivel menor de producto interior bruto (PIB) y a un crecimiento global más débil de la evolución del PIB. Los efectos negativos sobre el PIB se basan en la elevada demanda de importaciones de los coches eléctricos y de las baterías. El aumento temporal de los niveles de precios puede atribuirse al aumento de los costes unitarios en el conjunto de la economía (Mönning et al., 2019).

Sin embargo, con el tiempo, habrá fluctuaciones que tendrán un efecto positivo en el crecimiento. A pesar de la electrificación de hasta un 23% de nuevas matriculaciones de coches eléctricos en 2035, las tasas de crecimiento del PIB ajustado a los precios no empeorarán (Mönning et al., 2019).

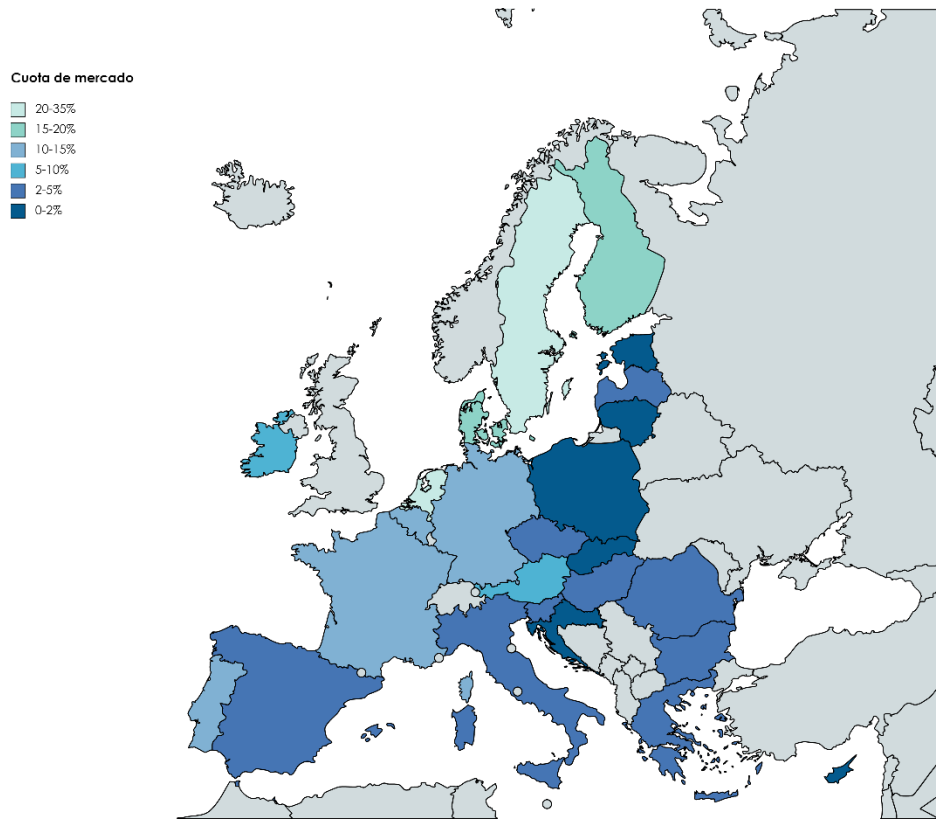
En la Ilustración 1, adaptada de la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles (ACEA) muestra que la aceptación de los coches eléctricos por parte de los consumidores está directamente relacionada con el PIB per cápita de un país. En palabras del director general de ACEA, "Al igual que ocurre con la distribución de la infraestructura de recarga, existe una clara división en la asequibilidad de los coches eléctricos entre Europa Central y Oriental y una pronunciada división Norte-Sur".

Por un lado, se puede apreciar en la Ilustración 1 que los países con una cuota de mercado total menor al 3% tienen un PIB medio por debajo de los 17.000 EUR. Además, los países con la menor cuota tienen escasez de puntos de recarga.

Por otro lado, en los países del norte de Europa, en general más ricos, se da una cuota de mercado superior al 15%, con un PIB medio superior a 46.000 EUR.

Las ventas de vehículos eléctricos, casi el 75%, se aglutina en Suecia, Países Bajos, Finlandia y Dinamarca, países con uno de los PIB más altos.

Ilustración 1: Ventas de Vehículos Eléctricos y Renta Nacional



Fuente: Elaboración propia a partir de ACEA (2021)

En la Tabla 1, elaborada a partir de datos de 2020 proporcionados por la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles (ACEA), se reflejan los cinco países con la cuota más baja de vehículos eléctricos y los cinco con la cuota más alta respectivamente, acompañados todos ellos de su Producto Interior Bruto para mostrar la relación existente entre ambos parámetros.

Tabla 2. Los 5 países de la EU-27 con la cuota más baja y más alta de vehículos eléctricos y su PIB en 2020

<i>País</i>	<i>Cuota Vehículos eléctricos</i>	<i>PIB</i>
<i>Chipre</i>	0,5%	23.580€
<i>Lituania</i>	1,1%	17.460€
<i>Estonia</i>	1,8%	20.440€
<i>Croacia</i>	1,9%	12.130€
<i>Polonia</i>	1,9%	13.600€
<i>Suecia</i>	32,2%	45.610€
<i>Países Bajos</i>	25%	45.790€
<i>Finlandia</i>	18,1%	42.940€
<i>Dinamarca</i>	16,4%	53.470€
<i>Alemania</i>	13,5%	40.070€

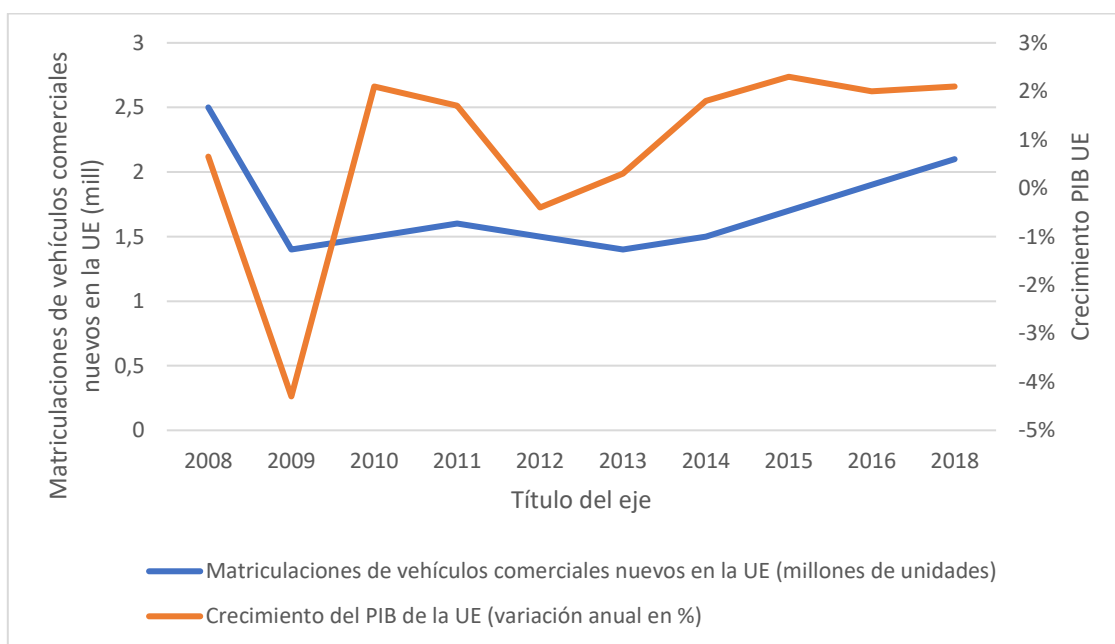
Fuente: ACEA (2021)

De la Tabla 2, se puede concluir que, a mayor riqueza del país, mayor es el número de vehículos eléctricos en circulación. Luego, se puede afirmar que la aceptación de los automóviles eléctricos por parte de los consumidores está estrechamente vinculada con el PIB del país en el que residen. Una cuota de mercado de más del 15% para los coches eléctricos solo se da en los países más ricos del norte de Europa. Esto pone de manifiesto que, actualmente, los precios de estos vehículos siguen siendo un problema importante para la implantación de la movilidad eléctrica en la sociedad.

En el Gráfico 5 se muestran los datos, proporcionados por ACEA (2020), de matriculaciones nuevas de vehículos comerciales (en azul) y del crecimiento anual del PIB en la UE-27 (en naranja). Las matriculaciones de los vehículos comerciales están expresadas en millones, mientras que el crecimiento anual del PIB está expresado en el porcentaje de la variación anual. En general, se observa un cierto paralelismo en la evolución de ambos. Cuando desciende el PIB se observa un descenso en el número de matriculaciones, y cuando el PIB se incrementa se recupera el número de matriculaciones.

En el Gráfico 5 se observa un pico de matriculaciones en 2008, con un total de 2,5 millones de matriculaciones nuevas de vehículos comerciales. En 2009 se aprecia una fuerte bajada del crecimiento del PIB de la UE-27, con una variación anual negativa de 4,3%, como consecuencia de la crisis económica que acaecía en ese periodo, esto repercutió claramente en las nuevas matriculaciones de vehículos comerciales, bajando a un total de 1,4 millones. En los siguientes años, el crecimiento del PIB de la UE se fue recuperando con algunas importantes fluctuaciones, sin embargo, el número de nuevas matriculaciones de vehículos comerciales continuó una lenta recuperación, alcanzado en 2018, un número similar al de 2008, aunque algo menor, de 2,1 millones de matriculaciones nuevas de vehículos comerciales.

Gráfico 5. Matriculaciones nuevas de vehículos comerciales y crecimiento anual del PIB en la UE (2008-2018)



Fuente: ACEA (2020)

Capítulo 3. Factores limitantes del nuevo modelo.

3.1. Mercado eléctrico.

En primer lugar, se debe señalar que los precios de la energía tienen un impacto significativo en el gasto de los hogares, los costes industriales y la competitividad de las empresas (Comisión Europea, 2021). En un mercado liberalizado, el seguimiento de los precios del mercado es cada vez más importante para los analistas, los responsables políticos y las empresas. Por ello, es esencial, para un eficaz funcionamiento del sistema eléctrico, el reforzamiento de las interconexiones internacionales. La posibilidad de disponer con los países vecinos de una mayor capacidad de intercambio eléctrico favorece a una mayor seguridad de suministro y a una mejor adopción de las energías renovables.

En los países periféricos, como es el caso de España, la relevancia de las interconexiones eléctricas es aún mayor, por ello, este tipo de infraestructuras son esenciales para el desarrollo de un sistema eléctrico que garantice el suministro actual y futuro (Red Eléctrica de España, 2021).

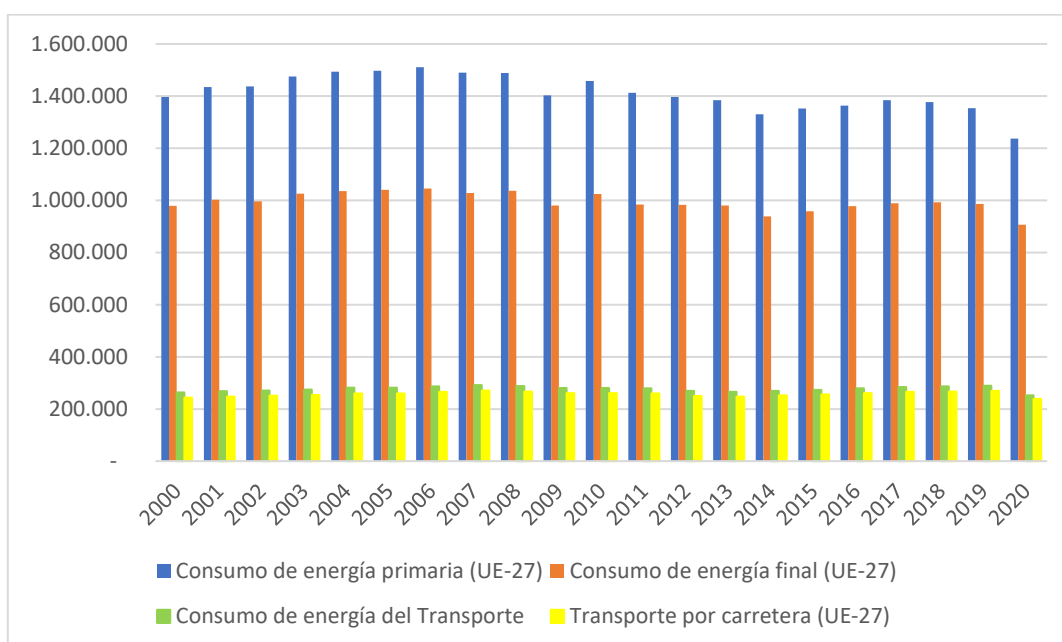
Entre los diversos beneficios de las interconexiones, se pueden destacar, en primer lugar, la contribución a la seguridad del suministro, facilitando funciones de apoyo entre sistemas vecinos. En segundo lugar, un mejor aprovechamiento de las energías renovables. En tercer y último lugar, favorecen los intercambios comerciales de energía, incrementando la competencia al aprovechar las diferencias de precios de la energía en los sistemas eléctricos interconectados. Por todo ello, se puede afirmar que las interconexiones desempeñan un rol primordial en el Mercado Interior de la Electricidad en Europa, cuyo objetivo es lograr la integración del conjunto de los mercados existentes actualmente en la UE-27 en un único mercado.

Actualmente, la Unión Europea se enfrenta a una fuerte subida de los precios de la energía, y a modo de respuesta, la Comisión ha adoptado una Comunicación denominada "Hacer frente al aumento de los precios de la energía: una caja de herramientas para la acción y el apoyo" con la finalidad de promulgar y apoyar las medidas adecuadas para mitigar el impacto de las actuales subidas de los precios de la energía y ayudar a los ciudadanos y las empresas de Europa, al tiempo que se refuerza la resistencia frente a

futuras perturbaciones. La aplicación de estas medidas propuestas repercutirá en la evolución de los precios en la UE (Comisión Europea, 2021).

En el Gráfico 6 se representa el consumo energético en UE-27 en el período temporal 2000-2020, y se desglosa en cuatro consumos: consumo de energía primaria, consumo de energía final, consumo de energía del transporte y finalmente, el consumo de energía del transporte por carretera. En primer lugar, se deberá hacer una distinción entre el concepto de consumo de energía primaria y consumo de energía final. La energía primaria es la que procede directamente de la naturaleza antes de ser convertida o transformada. Es la energía que contienen los combustibles crudos, la energía solar, la eólica, la geotérmica u otras formas de energía. Por otra parte, la energía final es la energía suministrada al consumidor para ser convertida en energía útil, es decir, es la energía que llega finalmente al consumidor. Este Gráfico está expresado en miles de toneladas equivalentes de petróleo (Ktep), su valor equivale a la energía que rinde mil toneladas de petróleo, se ha tomado un valor convencional de 11 630 MWh (mega kilovatios-hora). Si comparamos el consumo energético del transporte rodado con el consumo energético primario, en 2000 el transporte por carretera en la UE-27 comporta un 17,41% sobre este. Este porcentaje tiene un ligero crecimiento progresivo, alcanzando en 2020 un 19,26%.

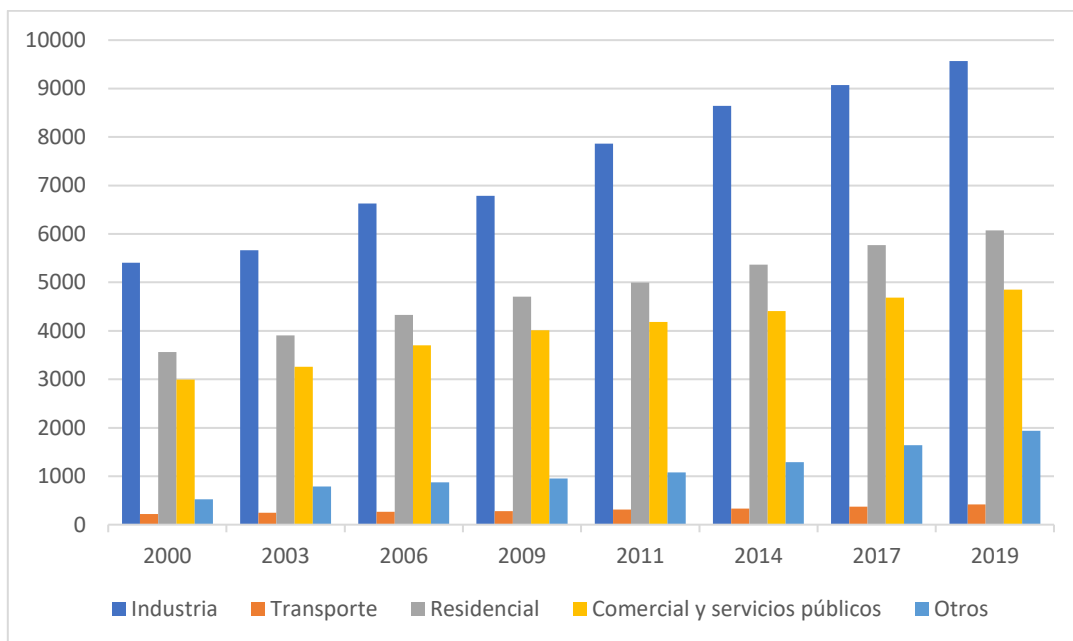
Gráfico 6. Consumo energético en UE-27 en 2000-2020 (Unidades: Ktep)



Fuente: Elaboración propia a partir de Eurostat (2022)

Por otro lado, en el Gráfico 7 se representa el consumo energético mundial clasificado por sectores en el período temporal 2000-2019, expresado en teravatio-hora (TWh). Los sectores en los que se ha dividido el consumo energético en esta gráfica son: la industria, el transporte, el residencial, el comercial y los servicios públicos y otros. Como se puede observar en el gráfico, en 2000 el consumo energético total mundial fue de 12.696 teravattios-hora, resultando el consumo en el sector del transporte tan solo un 1,72% del total. Este porcentaje se mantiene en los siguientes años, resultando en 2019 un 1,84% del total del consumo eléctrico mundial.

Gráfico 7. Consumo mundial energético por sectores en TWh (2000-2019)



Fuente: Elaboración propia a partir de IEA (2021)

En 2021, la demanda mundial de electricidad, tras una pequeña reducción en 2020, consecuencia de la bajada de actividad derivada de la pandemia Covid-19, creció un 6%, siendo éste, el mayor incremento anual de la historia en términos absolutos y el mayor aumento porcentual desde 2010. En China, tuvo lugar alrededor de la mitad del crecimiento mundial, donde se estima que la demanda aumentó un 10% (IEA, 2022).

La demanda mundial de electricidad se vio impulsada por una rápida recuperación económica, combinada con unas condiciones meteorológicas más extremas que en 2020, incluido un invierno más frío que la media. Debido a la rápida recuperación en 2021, las expectativas de crecimiento de la demanda en 2022 se han visto reducidas del 4% al 3%.

Sin embargo, aunque en 2022 se tenían buenas expectativas de crecimiento por varias razones, esperándose que se prosiguiese la recuperación económica y la relajación de la crisis energética, estas predicciones en la actualidad no se están cumpliendo. Está aconteciendo una crisis energética a nivel global, que provoca escasez de suministro y precios prohibitivos de la energía. Con este panorama, los principales responsables en materia energética comienzan a disminuir el optimismo que preveían tras el invierno. Esto tiene importantes implicaciones económicas, que se trasladarán a todos los sectores industriales y, por ende, tendrá consecuencias negativas en el sector automovilístico.

La evolución de los precios de la energía, la pandemia de Covid-19 y el actual conflicto bélico entre Rusia y Ucrania son las principales incertidumbres para las perspectivas de la demanda. Se prevé una desaceleración del crecimiento de la demanda mundial de electricidad durante 2023 y 2024 a medida que se agoten los efectos del rebote y las medidas de eficiencia energética empiecen a mostrar sus efectos (IEA, 2022).

La mayor parte del crecimiento de la oferta en los años 2021 a 2024 se espera en China, con cerca de la mitad del aumento total neto, seguida de India (12%), Europa (7%) y Estados Unidos (4%) (IEA, 2022).

En Europa y Estados Unidos, en 2021 la demanda se recuperó hasta alcanzar niveles similares a los registrados antes de la pandemia, apoyadas por una mayor demanda impulsada por acciones climáticas. En los siguientes años, se prevé un crecimiento medio lento, acompañado con medidas de eficiencia energética para que contrarresten la creciente electrificación.

En el cuarto trimestre de 2021 y en el primero de 2022 se dieron los precios medios de electricidad más altos, alcanzando precios cuatro veces por encima de la media en los últimos cinco años. Esto se puede explicar como consecuencia del aumento de la demanda de combustibles fósiles y a consecuencia, también, de las limitaciones de la oferta, que provocó escasez y altos precios de la energía.

Durante los próximos años, se prevé que el rápido desarrollo de las energías renovables se equipare con el crecimiento moderado de la demanda, esperándose un crecimiento medio anual de la demanda de electricidad del 2,7%, pero la pandemia de Covid-19 y los altos precios de la energía añaden incertidumbre a esta previsión (IEA, 2022).

En relación con los vehículos eléctricos, se puede afirmar que es fundamental la integración de la generación intermitente de electricidad a partir de fuentes de energía fluctuantes, como la solar o la eólica, o la gestión de la carga de los vehículos eléctricos para lograr la eficiencia en el mercado eléctrico. Por ello, tal y como expresa Martinot (2009), la "coevolución de las redes eléctricas, el almacenamiento de energía y los vehículos eléctricos" ofrece la oportunidad de interconectar los sistemas de energía eléctrica y de transporte "por primera vez en la historia". Además, también pueden utilizarse para suministrar electricidad. Todo ello tiene importantes consecuencias en el mercado eléctrico, consiguiendo que unos pocos vehículos eléctricos conectados a la red puedan mejorar la calidad local de la red y la tensión, reduciendo la cantidad de reserva de regulación necesaria de energía. Por lo tanto, un elevado número de vehículos eléctricos acoplados a la red se podrían utilizar como central eléctrica virtual para la reserva de regulación. No obstante, la cantidad de electricidad almacenada es relativamente baja, suponiendo una capacidad de batería de 10 kWh por vehículo, un millón de vehículos eléctricos sólo podrían almacenar 10 GWh. Sin embargo, la reserva de regulación que se podría proporcionar es significativa. Con la misma cantidad de vehículos, se proporcionarían 3 GW de reserva de regulación (Hacker et al., 2009).

3.2. Escasez de materias primas fundamentales en Europa.

El último factor limitante por analizar es la escasez de materias primas fundamentales en Europa (EU-27). Las materias primas son calificadas como fundamentales si son económica y estratégicamente importantes para la economía o resultan claves para la industria, y en ellas existe un riesgo asociado a su suministro. En la bibliografía anglosajona, este término es conocido como "Critical Raws Materials". En concreto, son elementos naturales raros, metales preciosos y minerales de alta demanda (Ferro & Bonollo, 2019).

La Unión Europea definió estas materias primas fundamentales en 2011, creando una lista que es revisada y actualizada cada tres años. Este listado incluye todas las materias primas fundamentales que tienen una gran relevancia para la economía, y sirve como instrumento de apoyo del desarrollo de la Unión. Las modificaciones en este listado resultan de los constantes cambios en la industria y la economía. El Comité Europeo de las regiones pone

de relieve que la sociedad actual y las economías modernas necesitan un suministro de materias primas fiable, competitivo y sostenible para operar de una forma estable.

Las materias primas fundamentales están muy presentes en la actualidad. A medida que han avanzado las tecnologías de nuestra sociedad, también lo han hecho los materiales utilizados en esas tecnologías. La escasez y la alta especialidad de estas materias las hace especialmente vulnerables a las interrupciones del suministro.

A modo de ejemplo, un automóvil básico puede contener hasta treinta y nueve minerales diferentes no combustibles en varios componentes, además de materiales como plástico, caucho, entre otros (Tercero Espinoza et al., 2020).

Como consecuencia, la escasez de estos materiales tiene un gran impacto en el crecimiento y en el desarrollo de los países europeos, al sufrir una fuerte dependencia de sus importaciones. Esto es debido a que la industria de la UE, el medio ambiente y nuestra calidad y estilo de vida moderno dependen del acceso y el uso de estas materias primas fundamentales. La escasez de estos materiales puede condicionar, además, la estrategia de sustitución de combustibles fósiles de la UE, en lo que se refiere a vehículos eléctricos.

Al mismo tiempo, la importación de la cantidad de materias primas que necesita la próxima oleada europea de inversiones en baterías para vehículos eléctricos desde el otro lado de la frontera no constituye una solución sostenible desde la óptica medioambiental debido a las elevadas emisiones de CO₂. Además, los cuellos de botella en el suministro de litio y China, siguen dejando a los fabricantes europeos vulnerables a fallos en la cadena de suministro y con el riesgo de que se den picos en los precios (Brown et al., 2021).

No obstante, un estudio realizado por Transport and Environment (2019) expone que los avances tecnológicos supondrán en el futuro una menor necesidad de materias primas para las baterías. Además, se espera que estas materias primas necesarias para las baterías puedan ser obtenidos a partir del reciclaje en 2035. Esto dependerá de la calidad de los insumos reciclados, de las normativas y de la concienciación de los ciudadanos (Mathieu & Mattea, 2021).

En conclusión, un suministro adecuado y seguro de materias primas minerales es fundamental para la industria actual y futura de los vehículos eléctricos, la viabilidad de las cadenas de suministro eficientes y seguras será de extrema importancia para abordar el crecimiento de la demanda de materias primas minerales para satisfacer el previsible aumento mundial de vehículos eléctricos.

3.3. Falta de infraestructuras y logística de carga de los vehículos eléctricos.

Un aspecto fundamental que considerar para la adopción del vehículo eléctrico es la planificación de la infraestructura de cargadores públicos y privados rentables, pues la falta de esta ha frenado muchos esfuerzos anteriores (Muratori et al., 2021).

A finales de 2019, se estima que existían alrededor 7,3 millones de cargadores en todo el mundo, siendo casi 0,9 millones públicos (IEA, 2020). Las considerables inversiones tanto gubernamentales como privadas están propiciando ampliar la red de estaciones de recarga públicas. Actualmente, existe un cargador público por cada diez vehículos eléctricos ligeros, teniendo la mayoría de los vehículos acceso a un cargador en su residencia habitual. No obstante, se debe aclarar que el número de cargadores públicos varía entre países debido a las diferentes estrategias implantadas (Muratori et al., 2021).

La mayor parte de la carga de los vehículos eléctricos según diversos estudios se realizan en la vivienda (50%-80%), seguido por el trabajo (15%-25%), y, en último lugar, utilizando cargadores públicos (5%) (Hardman et al., 2018).

Otro factor relevante a mencionar es el elevado tiempo de recarga de los vehículos eléctricos, suponiendo una importante desventaja, y convirtiéndolos así en un medio de transporte menos favorable en el sector logístico (Oda et al., 2018). Por ello, son necesarias técnicas de optimización fiables, precisas, eficientes y de funcionamiento rápido para la planificación de rutas y la programación de la recarga desarrolladas específicamente para los vehículos eléctricos, para que resulten más atractivos en los sectores tanto industrial como comercial (Bac & Erdem, 2021).

La planificación logística, esencialmente la planificación de las rutas y los horarios de recarga, es la estrategia de gestión energética más crucial para las empresas que utilizan la logística de los vehículos eléctricos (Guo et al., 2019). Las optimizaciones de las rutas

y las recargas dan lugar a un consumo energético más eficiente y hacen de estos vehículos una opción más sostenible para la logística.

Una optimización eficaz de las rutas puede aumentar la eficiencia de los vehículos utilizados y reducir drásticamente las emisiones (Hannan et al., 2020). Los vehículos eléctricos requieren parámetros de optimización adicionales, al ser muy superior su tiempo de carga (Bac & Erdem, 2021).

Por todo ello, se puede afirmar que el uso eficiente de los vehículos eléctricos es vital para su futuro en el sector logístico para aprovechar las oportunidades de ahorro de energía. Esto puede ser logrado optimizando las rutas de distribución de los vehículos eléctricos teniendo en cuenta las limitaciones de recarga (Faria et al., 2012).

Capítulo 4. Acciones y Estrategias para llevar a cabo el cambio del modelo.

4.1. Estrategias de la UE-27 relativas al transporte y sus consecuencias en la movilidad eléctrica.

Los objetivos principales de la política de transportes de la UE son esencialmente tres: promover formas de transporte sostenibles, mejorar la digitalización del transporte, y un sistema de transporte más resistente.

La política de transportes es uno de los ámbitos políticos clave de la UE, al permitir la libre circulación de personas, bienes y servicios, y siendo clave para la realización del mercado único europeo. El sector del transporte contribuye de forma significativa a la economía de la UE, ya que emplea a más de 10 millones de trabajadores y cuenta con alrededor de 1,1 millones de empresas. La política y las acciones iniciadas por la UE tienen un gran impacto en el funcionamiento del sector del transporte europeo (Hindriks et al., 2022).

En este ámbito se deben destacar la *Sustainable and Smart Strategy* (SSMS), que se publicó en diciembre de 2020 y sirve como base actual de la política de transportes de la UE, y el Plan Estratégico 2020-2024 de la DG MOVE. Además, la UE publicó una serie de documentos políticos más específicos de la materia (planes de acción, comunicaciones, reglamentos, directivas y decisiones).

Las prioridades actuales de la UE en el sector automovilístico se basan en seis, establecidas por la Presidencia de la Comisión Europea en las Orientaciones Políticas ("*Political Guidelines*"), que constituyen la base de todas las políticas de la UE en el período 2019-2024. En la Tabla 3 se muestran cinco de las seis prioridades generales adaptadas por la DG MOVE al transporte.

Tabla 3: Las 5 prioridades generales de la EU adaptadas por DG MOVE al transporte

<p>PACTO VERDE EUROPEO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Área de transporte sostenible que reduzca el impacto del transporte en el medio ambiente, ofrezca alternativas más sanas y limpias a la movilidad y aumente la adopción de combustibles sostenibles alternativos para el transporte terrestre, acuático y aéreo tanto en la UE como en el resto del mundo.
<p>EUROPA ADAPTADA A LA ERA DIGITAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un transporte inteligente e innovador para conseguir la digitalización del transporte.
<p>ECONOMÍA PARA LA POBLACIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Una totalmente integrada red de transporte europeo modernizada que garantice la conectividad. • Un mercado de transporte eficiente e internamente accesible que conduzca a la recuperación económica y esté caracterizado por la transferencia de sus normas.
<p>UNA EUROPA MÁS FUERTE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Una UE que actúe unida en cooperación con sus principales socios y vecinos para mejorar los enlaces de conectividad, abrir nuevas oportunidades de mercado y promover altos estándares de seguridad y protección.
<p>FOMENTAR ESTILO DE VIDA EUROPEO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar altos niveles de seguridad y protección del transporte

Fuente: Elaboración propia a partir de DG MOVE (2020)

El primer objetivo general es un Pacto Verde Europeo (“*European Green Deal*”). A medida que Europa avanza hacia la reducción del impacto perjudicial sobre el medio ambiente, el transporte abarca múltiples oportunidades para contribuir fundamentalmente a estos esfuerzos. Es un verdadero desafío que el sector del transporte reduzca las emisiones de carbono y la contaminación al tiempo que garantiza una movilidad inclusiva, pero se trata también de una enorme oportunidad para la UE (DG MOVE, 2020). A partir de este objetivo general, la DG MOVE expresa uno más específico, como

es un área de transporte sostenible que disminuya el impacto en el medio ambiente, ofreciendo alternativas más sanas y limpias a la movilidad y suponga un aumento de la utilización de combustibles alternativos sostenibles tanto en la UE como en el resto del mundo (DG MOVE, 2020). La utilización del vehículo eléctrico permite que la energía que se consume provenga de combustibles alternativos y fuentes de energía renovables.

El SSMS afirma que la reducción de las emisiones y la consecución de una movilidad sostenible es "el reto más serio al que se enfrenta este sector con diferencia". El principal objetivo de la SSMS, directamente relacionado con el Pacto Verde, consiste en alcanzar en 2050 una reducción del 90% de las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por transporte. Para conseguir este objetivo, la transición al modelo eléctrico juega un papel fundamental, tal y como se ha ido desarrollando a lo largo de este trabajo.

El segundo objetivo general es alcanzar una Europa preparada para la era digital. La automatización y la digitalización desempeñan un papel trascendental en el transporte actual, es por ello, que el sector automovilístico se debe estar en constante cambio e innovación tecnológica. Conseguir un transporte inteligente implica un transporte más eficiente, sostenible, seguro y accesible (DG MOVE, 2020). La estrategia de movilidad inteligente de la UE se basa en la Estrategia del Mercado Único Digital de la UE y se especifica en el SSMS. El SSMS no sólo aboga por la aplicación de soluciones de movilidad inteligente en diversos modos de transporte, sino que también da prioridad a la provisión de la infraestructura digital necesaria para dichas tecnologías y pretende impulsar la investigación y la innovación necesarias para desarrollar tecnologías de movilidad inteligente. Esta inversión en infraestructuras e innovación del transporte es esencial para el desarrollo e implantación de los vehículos eléctricos.

El tercer objetivo general consiste en establecer una economía al servicio de las personas. El transporte siempre ha desempeñado y sigue desempeñando un papel esencial en la vida, en 2018 representó entre 5-9 % del VAB de la UE-27 y empleó a más de 10 millones de personas. Además, es primordial para que los europeos desarrollen su vida cotidiana. De este objetivo general derivan dos específicos en cuanto al transporte. Por un lado, establecer una red transeuropea de transporte plenamente integrada y conectada con una financiación adecuada para una infraestructura de transporte europea sólida y moderna con una conectividad totalmente restablecida. Por otro lado, establecer un mercado interior del transporte eficiente y accesible que impulse la recuperación económica y se

rija por normas claras (DG MOVE, 2020). En ese sentido, los vehículos eléctricos suponen una mejora en la vida cotidiana, al reducir los riesgos de enfermedades provocados por la emisión de partículas PM2.5 y la emisión de gases tóxicos y, también, al reducir la contaminación acústica, lo que redundará en la salud y en el bienestar de la población.

El cuarto objetivo general consiste en una Europa más fuerte en el mundo, una política europea de transportes potente nos permitirá promover eficazmente nuestros valores e intereses cuando cooperemos con socios. En cuanto a las oportunidades de mercado, el objetivo es abrir los mercados de transporte, especialmente entre nuestros socios estratégicos y en las economías emergentes de rápido crecimiento y promover una competencia libre y no distorsionada, basada en la igualdad de condiciones y el fomento de la cooperación europea e internacional. El objetivo específico generado por la DG MOVE consiste en una Unión Europea que actúe unida en cooperación con sus principales socios y vecinos para mejorar los enlaces de conectividad, abrir nuevas oportunidades de mercado y promover altos estándares de seguridad y protección (DG MOVE, 2020).

El quinto y último objetivo general es fomentar el estilo de vida europeo, especificando sería garantizar altos niveles de seguridad y protección del transporte. El transporte europeo debe ser seguro para todos, incluidos los grupos de usuarios con mayor vulnerabilidad. A medida que las necesidades de movilidad cambian, el tráfico aumenta y las amenazas a la salud y la seguridad se vuelven aún más complejas. El Plan de Acción Estratégico de Seguridad Vial tiene previsto alcanzar el objetivo de Visión Cero, reducir el número de víctimas mortales y de heridos graves en el transporte por carretera en un 50% para 2030 y casi cero para 2050 (DG MOVE, 2020).

Por otro lado, se debe hacer especial mención a que la pandemia de COVID19 ha afectado gravemente al sector del transporte europeo, y por consecuencia a la movilidad eléctrica. En aras de hacer frente al impacto social y económico de la crisis, la Comisión Europea propuso en mayo de 2020 un importante Plan de Recuperación para Europa, denominado NextGenerationEU, en adelante NGEU. En diciembre de 2020, el Consejo Europeo adoptó un nuevo Marco Financiero Plurianual (MFP) y llegó a un acuerdo sobre el establecimiento del NGEU. La iniciativa NGEU supone un estímulo fiscal de 806.900 millones de euros en forma de préstamos y subvenciones y está diseñada para ayudar a la

UE a reconstruirse tras la pandemia de COVID19. La pieza central del Plan de Recuperación es el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia (MRR), con una dotación de 723.800 millones de euros, de los cuales 338.000 millones son en forma de préstamos y 385.800 millones en forma de subvenciones. Los fondos restantes, de 83.100 millones de euros, se añaden a los programas y políticas de la UE ya existentes (Hindriks, et al., 2022).

El apoyo financiero proporcionado a través del Plan de Recuperación es una oportunidad para que el sector del transporte acelere la transición hacia un sistema de transporte ecológico, inteligente y resistente (Hindriks et al., 2022). Además, es una gran oportunidad de invertir en la movilidad eléctrica para darle el impulso necesario en aras de conseguir los objetivos fijados en el Acuerdo de París y de llevar a cabo la transición de este modelo con respecto del anterior de combustión interna.

4.2. Medidas específicas para la implementación del vehículo eléctrico en los países europeos.

En este apartado se van a estudiar las medidas implantadas a nivel nacional de los países europeos. Para ello, en primer lugar, nos debemos fijar en la Tabla 4 donde se recogen todos los países de UE-27 indicando si cada país tiene beneficios fiscales (de adquisición, de propiedad y de compañías de vehículos) y si tienen incentivos (por ejemplo, el gobierno alemán dota a los compradores de vehículos eléctricos con 6.000€ si desechan un automóvil convencional) como medida de implantación del coche eléctrico.

Tabla 4: Vehículos Eléctricos: beneficios fiscales e incentivos de compra

	BENEFICIOS FISCALES			INCENTIVOS
	Adquisición	Propiedad	Vehículo de empresa	
Austria	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Bélgica	SÍ	SÍ	SÍ	NO
Bulgaria	NO	SÍ	NO	NO
Croacia	SÍ	SÍ	NO	SÍ
Chipre	SÍ	SÍ	NO	NO
República Checa	SÍ	NO	SÍ	SÍ
Dinamarca	SÍ	SÍ	NO	NO
Estonia	NO	NO	NO	SÍ
Finlandia	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Francia	SÍ	NO	SÍ	SÍ
Alemania	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Grecia	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Hungría	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Irlanda	NO	SÍ	SÍ	SÍ
Italia	NO	SÍ	NO	SÍ
Letonia	SÍ	SÍ	SÍ	NO
Lituania	NO	NO	NO	NO
Luxemburgo	NO	SÍ	SÍ	SÍ
Malta	SÍ	SÍ	NO	NO
Países Bajos	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Polonia	SÍ	NO	NO	NO
Portugal	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Rumania	NO	SÍ	NO	SÍ
Eslovaquia	SÍ	SÍ	NO	NO
Eslovenia	SÍ	NO	NO	SÍ
España	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Suecia	NO	SÍ	NO	SÍ

Fuente: ACEA (2020-2021)

En la Tabla 4 se puede observar que los incentivos de compra de vehículos eléctricos están disponibles en tan solo 18 países de EU-27, un dato que deberá mejorar en los futuros años.

Para analizar esta situación, se van a analizar tres países que, por sus medidas implantadas o ausencia de estas, pueden resultar de interés para su estudio: Lituania, España y Suecia. Estos tres países presentan características muy diversas. Por un lado, se analizará Lituania, que siendo uno de los países con menor cuota de vehículos eléctricos (1,1%), no cuenta con ningún tipo de beneficio fiscal ni incentivos. Por otro lado, se encuentra España, que no destaca por tener una cuota de vehículos eléctricos alta, sino media (7,8%), sin embargo, cuenta, tal y como se aprecia en la Tabla 4, con numerosos beneficios fiscales e incentivos. Finalmente, se analizará Suecia, que destaca por tener la mayor cuota de vehículos eléctricos (32,2%) y uno de los mayores PIB de la UE-27. No obstante, no destaca por sus medidas implantadas, teniendo menores beneficios fiscales que en España.

En primer lugar, la República de Lituania tiene una población aproximada de 2.810.761 habitantes y registra un PIB per cápita en 2021 de 19.740€, por lo que se encuentra en el puesto cuadragésimo-tercero de los 196 países del ranking de PIB per cápita (Banco Mundial, 2021).

En febrero de 2022, las matriculaciones de vehículos de pasajeros disminuyeron en 14,81% en relación al mismo del año anterior. En total en febrero se matricularon 1.904 vehículos y en el último año se han registrado unas ventas 30.995 turismos. Además, en 2019 se produjeron un total de 56 motores de vehículos en Lituania (Banco Mundial, 2021).

De acuerdo con ACEA (Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles), los lituanos tienen los vehículos de pasajeros con mayor antigüedad de la Unión Europea, con una edad media de 16,8 años (ACEA, 2021).

Con respecto a los vehículos eléctricos, según una encuesta realizada por Norstat, un quinto de la población lituana se plantea adquirir un vehículo eléctrico en los próximos tres años. En septiembre de 2021, se registraron un total de 3.720 matriculaciones de vehículos eléctricos y 2.720 de vehículos híbridos con carga externa (Norstat, 2021).

En segundo lugar, el Reino de España tiene una población total aproximada 47.326.687 y registra un PIB Per cápita en 2021 de 25.410 €, 1.720 € mayor que el de 2020, de 23.690 €, ocupando en 2021 el puesto trigésimo-tercero (Banco Mundial, 2021).

En febrero de 2022, las matriculaciones de vehículos de pasajeros aumentaron en 0,44% en relación al mismo del año anterior. En total en febrero se matricularon 73.417 vehículos y en el último año se han registrado unas ventas 1.030.491 turismos. España es el país número 15 del ranking de países por número de matriculaciones de vehículos. Además, en 2019 se produjeron un total de 2.915.432 motores de vehículos en España (ACEA, 2022).

De acuerdo con ACEA (Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles), la edad media de los automóviles en España de 13,2 años (ACEA 2021).

Con respecto a los vehículos eléctricos, en 2021, se registraron un total de 39.675 matriculaciones de vehículos eléctricos y 43.324 de vehículos híbridos con carga externa.

Por último, Suecia situada al norte de Europa, tiene una población aproximada de 10.379.295 habitantes y registra un PIB per cápita en 2021 de 50.910€, por lo que se encuentra en el puesto décimo de los 196 países del ranking de PIB per cápita (Banco Mundial, 2021).

En febrero de 2022, las matriculaciones de vehículos de pasajeros disminuyeron en 7,45% en relación al año anterior. En total en febrero se matricularon 21.136 vehículos y en el último año se han registrado unas ventas 298.627 turismos. Además, en 2019 se produjeron un total de 333.309 motores de vehículos en Suecia (ACEA,2022).

De acuerdo con ACEA (Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles), la edad media de los automóviles suecos es de 9,9 años (ACEA, 2021).

Con respecto a los vehículos eléctricos, según los datos publicados por la Organización Industrial Sueca para Fabricantes e Importadores de Automóviles, Camiones y Autobuses, en 2021 las ventas de coches eléctricos aumentaron un 106 % hasta alcanzar los 57.500 automóviles, lo que supuso una cuota del 19 % del total de las nuevas matriculaciones. Los turismos recargables, es decir, eléctricos e híbridos, representaron un 45 % del total de matriculaciones de nuevos turismos.

En la Tabla 5 se recogen las políticas e iniciativas en estos países sobre los vehículos eléctricos.

Tabla 5: Políticas e iniciativas nacionales y locales sobre vehículos eléctricos.

LITUANIA	ESPAÑA	SUECIA
<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia de Independencia energética nacional • Programa Nacional de Desarrollo del Transporte • Estrategia lituana a l/p para el desarrollo del sistema de transporte • Estudio de viabilidad sobre el Desarrollo del transporte eléctrico • Informe sobre la estrategia del Desarrollo detallado del vehículo eléctrico • Estrategia nacional para el Desarrollo de las energías renovables • Planes de recarga de vehículos eléctricos • Modernización del transporte público 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de Impulso de Movilidad • Estrategia de Impulso de vehículos con energía alternativa (2014-2020) • Estrategia española de movilidad sostenible • Libro Blanco de la Sostenibilidad en el Urbanismo Español • Infraestructura, transporte y vivienda (2012-2014) • Programas de ayuda para el cambio modal y uso más eficiente. • Plan estratégico para el despliegue de infraestructura de recarga para el vehículo eléctrico en Cataluña (2016-2019) • Estrategia de impulso de los vehículos eléctricos en Cataluña • Máster plan de movilidad (2013-2018) • Acuerdo sobre la transición energética en Cataluña (2016-2050) • Programa de lucha contra la contaminación atmosférica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ley sobre los surtidores que garantiza el acceso a combustibles renovables en las estaciones de servicio • Subvenciones contra el cambio climático • Subvención para la compra de autobuses eléctricos • Transporte público y bicicleta para dar apoyo al objetivo climático nacional de reducir las emisiones de efecto invernadero del sector del transporte en un 70% en comparación con 2010. • Climate Step • Subvención estatal para la compra de coches ecológicos • Subvenciones para aumentar la infraestructura de recarga en Estocolmo

Fuente: Petrauskienė et al. (2020)

En primer lugar, en el caso de Lituania, tal y como se ve claramente en la Tabla 5, las políticas fiscales no son tan generosas para los consumidores de este tipo de vehículos como lo son en Suecia y en España, no poseyendo ningún beneficio fiscal. La Estrategia Nacional de Independencia Energética traza el futuro del sector energético lituano hasta 2050, define la visión, las metas y los objetivos del sector energético. Además, hace hincapié en los resultados que deben alcanzarse en materia de energías renovables en el sector del transporte para el año 2050. Para un periodo de tiempo menor, hasta 2020, se estableció el Programa Nacional de Desarrollo del Transporte, que se basaba en desarrollar un sistema de transporte sostenible, gestionando eficazmente los recursos y la financiación de la UE, lo que deriva en un aumento de la competitividad del sector. La Estrategia Lituana a Largo Plazo para el Desarrollo del Sistema de Transporte tiene mayor duración, hasta 2025, y contiene normativas sobre el uso del suelo, políticas gubernamentales, movilidad compartida y posibles mejoras de la movilidad (ICEX, 2019).

En lo que respecta a los vehículos eléctricos y las energías renovables, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha elaborado directrices para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos y ha asignado fondos para la instalación de puntos de recarga en las principales carreteras. Además, los Ministerios de Transporte, Economía y Energía compartieron un estudio de viabilidad encargado sobre el desarrollo del transporte eléctrico. En el ámbito de las ciudades, existen planes de recarga de vehículos eléctricos y de modernización del transporte público (combustibles alternativos o autobuses eléctricos) en 25 ciudades. Además, cada ciudad de Lituania tiene su propio Plan Director, que es el documento político fundamental que define las normas de uso del suelo, los planes de infraestructuras y los estudios de viabilidad (ICEX, 2019).

En segundo lugar, en cuanto a las medidas implantadas en España, el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España publicó el Plan de Impulso a la Movilidad, que promueve los vehículos eléctricos y la implantación de infraestructuras de recarga (Gobierno de España, 2020). Mientras que, a nivel regional, la Generalitat de Cataluña inició el Plan PIRVEC 2016-2019, que es un plan estratégico para el despliegue de la infraestructura de recarga en la región. Además de otros planes, como el Plan de Movilidad Urbana (2013-2018) y el Plan Metropolitano de Movilidad Urbana (Barcelona) y el Plan Director de Movilidad regulan la planificación urbana y las políticas de movilidad (Instituto Catalán de Energía, 2018).

Finalmente, el último país a analizar en detalle es Suecia. En Suecia, los conductores de vehículos eléctricos no tienen que abonar el impuesto anual de circulación, cuentan con numerosas plazas de aparcamiento y, además, se les conceden generosas subvenciones a la hora de la compra. Por su parte, se ha puesto en marcha el “Climate Step” impulsado por la Agencia Nacional de la Energía de Suecia, que lucha por la reducción de las emisiones de carbono, instaurando para ello, entre otras, infraestructuras de recarga (Löfven, 2018). En cuanto al transporte público en Suecia, el Ministerio de Medio Ambiente y Energía subvenciona el transporte público y fomenta el uso de las bicicletas como una alternativa sostenible. La energía renovable es una gran prioridad en Suecia, por ello se ofrecen ayudas a la inversión para los hogares que deseen instalar plantas de energía solar y eólica y almacenes de energía. Además, estos hogares obtienen reducciones fiscales al producir y vender energía renovable al Estado. A nivel municipal, Estocolmo promueve los vehículos eléctricos y la movilidad eléctrica cambiando su propia flota por vehículos eléctricos e instalando 1.000 puntos de recarga públicos para 2020, objetivo alcanzado en 2019 con 1.500 puntos de recarga públicos, y entre 15.000-25.000 hasta 2030 (Petrauskiene et al., 2020). Estocolmo, al igual que otras ciudades suecas, cuenta con políticas integrales que definen los objetivos regionales, las iniciativas y la planificación a nivel local, los planes de desarrollo detallados que representan las funciones, las formas y el uso de los espacios públicos, los planes de transporte, y los reglamentos y ordenanzas locales para el estacionamiento, las vías y los espacios públicos. En cuanto a las energías renovables, muchos municipios disponen de mapas solares que muestran el potencial de instalación de paneles solares.

4.3. Análisis DAFO de la transición al vehículo eléctrico en EU-27.

El análisis DAFO, en término anglosajón SWOT, es una herramienta que proporciona una perspectiva global de la situación interna y externa de un negocio, resumiendo los aspectos esenciales de un análisis del entorno de una actividad empresarial y de los recursos y capacidades estratégicas internas de la organización. La matriz DAFO fue inventada por Albert S. Humphrey en la Universidad de Stanford (EE.UU.), y trata formular la estrategia en base a cuatro grupos: debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades. Con amenazas y oportunidades hacemos referencia a la parte externa y, por tanto, deberán ser determinadas a través del análisis del macroentorno y, por otro lado, con debilidades y fortalezas se hace referencia a la parte interna y, por ello, son determinadas a partir del análisis del microentorno.

En primer lugar, el análisis interno aborda los factores relacionados con los recursos financieros y productivos de una compañía, tales como la infraestructura, los resultados financieros, entre otros. Por un lado, las debilidades consisten en circunstancias propias del negocio que la sitúan en una situación de desventaja frente a otros competidores. Por otro lado, las fortalezas son elementos o actividades de la empresa que hacen posible actuar mejor que sus competidores directos, es decir, factores que acentúan el negocio, diferenciándolo de una manera positiva en el mercado o frente a otros.

En segundo lugar, el análisis externo está estrechamente vinculado con aspectos del mercado, situaciones macroeconómicas, modificaciones legislativas, entre otros. Se componen de amenazas y de oportunidades. Por un lado, las amenazas son hechos potenciales que dificultan la consecución de los objetivos de la empresa, es decir, situaciones que perjudican a la compañía. Por otro lado, las oportunidades son hechos potenciales que facilitan a la organización el logro de los objetivos estratégicos.

Estos cuatro bloques se combinan creando diversas estrategias para el alcance de los objetivos de la empresa. En primer lugar, la estrategia Debilidades vs. Amenazas, que pretende minimizar las debilidades y las amenazas. Esta estrategia se considera una de las más peligrosa a seguir por una compañía, al crear el peor escenario posible para el logro de los objetivos. En segundo lugar, la estrategia Debilidades vs. Oportunidades, donde se pretende minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades, que se fundamenta en que un negocio, reconoce las oportunidades que el entorno les ofrece, pero, sin embargo, sus debilidades no le permite aprovecharlas. Por ello, deberá averiguar

la manera de adaptarse para el alcance de las respectivas oportunidades. En tercer lugar, la estrategia Fortalezas vs. Amenazas, que se desarrolla de tal forma que las fortalezas de la empresa pueden enfrentar a las amenazas. En esta situación la compañía deberá mantener una posición defensiva, pues debe afrontar cualquier amenaza que se le presente para contrarrestarla con las fortalezas que posee, intentando reducir las amenazas y aumentar las fortalezas. Finalmente, se encuentra la estrategia Fortalezas vs. Oportunidades, la cual es la alternativa más favorable para cualquier empresa al utilizar sus fortalezas para el aprovechamiento de las oportunidades que se presente, indicando que la empresa tome una posición ofensiva.

A continuación, se va a elaborar una matriz DAFO relativa a la implantación de los vehículos eléctricos en la Unión Europea (UE-27).

4.3.1. Debilidades de la implantación de los vehículos eléctricos en UE-27.

- Desconocimiento de los incentivos y de las reducciones fiscales.
- Alto precio de adquisición de los vehículos eléctricos.
- Desarrollo desigual de las infraestructuras entre los diferentes Estados miembros.
- Menor autonomía de los vehículos eléctricos que los de combustible interna y desconfianza del consumidor.
- Degradación de las baterías.
- La potencia del motor se ve reducida cuando la carga de la batería es baja.
- Alto coste de la infraestructura de recarga y de las baterías.
- Tiempo de repostaje es muy superior al modelo de combustión interna.
- Horario inadecuado de recarga de las baterías en las horas punta de consumo eléctrico, en las que el precio de la electricidad es mayor.
- Las infraestructuras de repostaje privadas son más complejas.
- No estandarización de los cargadores, dependen de los fabricantes.
- Contaminación de las baterías.
- Conlleva a un cambio en la mentalidad de los consumidores.
- Desconocimiento de cual será en unos años el valor residual del vehículo eléctrico en relación con el de combustión interna.

4.3.2. Amenazas de la implantación de los vehículos eléctricos en UE-27.

- Crisis financiera mundial afecta al poder de compra.
- Crisis energética. Incrementos notables en los precios de la electricidad.
- Escasez de materias primas fundamentales para su fabricación.
- Dependencia del suministro de materias primas extranjeras para la producción de las baterías.
- Sector altamente competitivo, donde las exigencias en innovación son muy altas.
- Escasez de infraestructuras públicas de repostaje.
- Dificultad de acceso por parte de la población a una infraestructura de recarga propia.
- Carencia de regulaciones normativas.
- Intereses de algunos gobiernos por la alta tributación de la gasolina, impuestos de matriculación, circulación, etc.
- Interés de parte del sector automovilístico y de gobiernos en defensa de industrias automovilísticas muy vinculadas al modelo de combustión interna.
- Pérdida de puestos de trabajo en los sectores vinculados al modelo de combustión interna.
- Desigualdades regionales en cuanto a la producción, las infraestructuras y la adopción del vehículo eléctrico.
- Falta de confianza en la continuidad de las exenciones fiscales y otras ayudas por adquisición de vehículos eléctricos.
- Encarecimiento de los seguros.
- Base de suministro de baterías no establecida, fuerte presencia y tradición de empresas asiáticas en la producción de baterías.
- La competencia tecnológica de los fabricantes de los estadounidenses y asiáticos.
- Insuficiente inversión del sector privado en I+D.
- Gran número de pymes en el sector, dificultando la capacidad de diversificación y el acceso a nuevas opciones de mercado.

4.3.3. Fortalezas de la implantación de los vehículos eléctricos en UE-27.

- Desincentiva la utilización de combustibles fósiles.
- La no emisión de gases contaminantes y partículas PM2.5 a la atmósfera.
- Disminución de la contaminación acústica.
- Fomento de fuentes de energía renovable en la producción de energía eléctrica.
- Mano de obra altamente cualificada.
- Fabricantes de automóviles y proveedores consolidados con gran valor de marca y capacidad tecnológica y financiera.
- Ecosistema líder de instituciones de I+D.
- Amplias oportunidades de mejora y evolución en I+D+i.
- Marco político claro y coherente a largo plazo a nivel europeo.
- Mayor potencia y rendimiento.
- Disponibilidad inmediata de potencia, capaz de arrancar de cero a cien.
- Actúa como un generador eléctrico.
- Menor mantenimiento. Menor número de averías.
- Conducción más sencilla y cómoda.
- Seguridad de los vehículos eléctricos.
- Opciones de modelos en el mercado más atractivas que hace unos años.
- Posible disminución de su precio en los próximos años, como consecuencia de la madurez tecnológica alcanzada y del aumento de la producción.
- Mercado de consumo continental amplio e integrado.

4.3.4. Oportunidades de la implantación de los vehículos eléctricos en UE-27.

- Agotamiento de los combustibles fósiles.
- Cambio climático y los problemas de contaminación atmosférica en las zonas urbanas.
- Normativa más exigente de las emisiones de gases contaminantes.
- Prohibición de circulación por el centro de las ciudades.
- Reduce las necesidades energéticas.
- Ambiciosos objetivos de sostenibilidad y reglamentos de la Comisión Europea y los Estados miembros.

- Las estrategias de la UE.
- Presencia consolidada en los mercados internacionales, incluido el mercado chino, de gran crecimiento
- Fuertes incentivos para el crecimiento del mercado procedentes de la UE.
- Incentivos fiscales.
- Fomento e inversiones que la industria automovilística dedica al I+D+i en vehículos eléctricos.
- Surgimiento de nuevas industrias asociadas.
- Nuevos puestos de trabajo, con profesionales especializados.
- Las instalaciones públicas de recarga están aumentando.
- Forma de aumentar la eficiencia del transporte.
- Menor coste de funcionamiento y mantenimiento.
- Responsabilidad social de las empresas, siendo la adopción de estos vehículos cada vez más importante para las empresas que persiguen objetivos de Responsabilidad Social Corporativa.
- Alto compromiso y prioridad para el sector en la estrategia industrial europea.

Una vez aplicada esta metodología se llega a la conclusión de que, en primer lugar, las debilidades principales del vehículo eléctrico son el elevado tiempo de repostaje con respecto al modelo de combustión interna y su alto precio de adquisición. En segundo lugar, que las amenazas principales a la implementación en EU-27 son la escasez de infraestructuras públicas de repostaje, la actual crisis energética y la escasez de materias primas fundamentales para su fabricación. En tercer lugar, en cuanto a sus fortalezas, se pueden destacar la no emisión de gases contaminantes y de partículas PM2.5 a la atmósfera y el fomento de fuentes de energía renovable en la producción de energía eléctrica. Por último, con relación a las oportunidades se debe hacer especial mención a los objetivos ambiciosos de sostenibilidad y los reglamentos de la Comisión Europea y los Estados Miembros.

CONCLUSIONES.

A modo de cierre del presente Trabajo de Fin de Grado se procede a exponer las conclusiones extraídas a lo largo de la investigación y que se han ido planteado en los diferentes capítulos desarrollados.

En primer lugar, se ha estudiado que los principales desafíos para reducir el fuerte impacto de la contaminación del aire en la salud y el bienestar de las personas consisten en seguir reduciendo emisiones contaminantes, logrando una fuerte desvinculación de las emisiones del crecimiento económico y limitando el grado de exposición de la contaminación de la población. Esto supone incrementar políticas efectivas de prevención y control de la contaminación, políticas de transporte y movilidad sostenibles, estimular la innovación en tecnologías más limpias sin emisión de partículas y otros contaminantes. Por lo tanto, se ha puesto de manifiesto que es totalmente imprescindible un nuevo modelo de movilidad para lograr descarbonizar la economía, lo que conlleva al desarrollo de tecnologías limpias que reduzcan las emisiones.

En segundo lugar, se puede afirmar que, en la actualidad, el sector automovilístico es un pilar fundamental para la economía de la UE-27. En este sector, la UE destaca por su liderazgo debido a la gran capacidad de innovación, resultando este sector como el mayor inversor privado en Investigación y Desarrollo de la UE. Como ya se ha mencionado, el sector automotriz europeo es esencial para el conjunto de la economía de la UE. Pero, a pesar del fuerte posicionamiento actual a nivel mundial de los fabricantes de automóviles de la UE, se enfrenta a importantes desafíos. Los vehículos eléctricos aportan una buena alternativa para lograrlos. Esto es debido a que los vehículos eléctricos están provocando un cómputo de mejoras tecnológicas y reducciones de costes derivados de economías de escala y del efecto aprendizaje. En el sector automovilístico, la electrificación es un factor de cambio por las relevantes ventajas energéticas y medioambientales derivadas de la alta eficiencia de los vehículos, la ausencia de emisiones del tubo de escape y la menor dependencia del petróleo. A largo alcance, las implicaciones para la integración de los vehículos en la red se extenderán tanto al sector eléctrico como el energético

Por lo tanto, el cambio de los vehículos tradicionales por los vehículos eléctricos provocará importantes cambios en las necesidades de electricidad, en el volumen de emisiones y en el empleo. Todos estos cambios repercutirán en la industria europea del

automóvil que es, al mismo tiempo, un importante eslabón de la cadena de producción industrial y un factor fundamental de competitividad, crecimiento y empleo para Europa.

Por otro lado, se debe señalar que, en los países del norte de Europa, en general más ricos, se da una cuota de mercado superior al 15%, con un PIB medio superior a 46.000 EUR. Las ventas de vehículos eléctricos se aglutinan en Suecia, Países Bajos, Finlandia y Dinamarca, países con uno de los PIB más altos. Es decir, se puede concluir que, a mayor riqueza del país, mayor es el número de vehículos eléctricos en circulación. Luego, se puede afirmar que la aceptación de los automóviles eléctricos por parte de los consumidores está estrechamente vinculada con el PIB del país en el que residen. Lo que pone de manifiesto que, actualmente, los precios de estos vehículos siguen siendo un problema importante para la implantación de la movilidad eléctrica en la sociedad.

En tercer lugar, se pone en relieve la importancia del fortalecimiento de las interconexiones internacionales para un funcionamiento eficaz del sistema eléctrico, que será imprescindible para la transición al nuevo modelo de vehículo. Además, en relación a las materias primas fundamentales, un suministro adecuado y seguro de éstas es fundamental para la industria actual y futura de los vehículos eléctricos, la viabilidad de las cadenas de suministro eficientes y seguras será de extrema importancia para abordar el crecimiento de la demanda de materias primas minerales para satisfacer el previsible aumento mundial de vehículos eléctricos.

Por último, aunque en el marco europeo actual no es de aplicación ninguna estrategia específica, los objetivos de la estrategia de transporte de la UE-27 implantados por la DG MOVE propician el uso de una movilidad alternativa más sostenible, como lo es el vehículo eléctrico. Aun atendiendo a las particularidades de los distintos países de la Unión Europea, como los países estudiados: Lituania, España y Suecia, desde mi punto de vista sería beneficioso la implantación de una estrategia dirigida al vehículo eléctrico bajo el marco común, consiguiendo así una armonización europea que consolidaría a la Unión Europea como potencia a nivel mundial, liderando el mercado automovilístico frente a otras potencias, como China o Estados Unidos.

Como parte final y como aportación personal de este Trabajo de Fin de Grado se ha hecho uso de la metodología DAFO para analizar la implantación del vehículo eléctrico en EU-27, concluyendo, como principales debilidades del nuevo modelo el alto precio de adquisición y la necesidad de un alto periodo de carga; como amenazas más relevantes la

escasez de infraestructuras públicas de repostaje, la actual crisis energética y la escasez de materias primas necesarias para su fabricación; en cuanto a sus fortalezas, destaca, por una parte, que estos vehículos no emiten ni gases contaminantes ni partículas PM2.5 a la atmósfera y, por otra, el fomento de la producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovable; y, por último, como oportunidades se pueden resaltar los ambiciosos objetivos de sostenibilidad y los reglamentos de la Comisión Europea y los Estados Miembros.

En el desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado, la principal limitación encontrada ha sido la incapacidad de establecer un periodo temporal concreto para el análisis, puesto que este estudio se basa en la descripción de la situación de la industria automovilística para la implantación del modelo eléctrico a partir de datos económicos de un período en el que el vehículo de combustión interna dominaba el transporte rodado sobre el eléctrico. Por otra parte, la reciente implantación del vehículo eléctrico hace imposible la obtención de datos comparativos. Un posible ejemplo, sería la siniestralidad, debido a que no se puede todavía afirmar como se verá modificada con la adopción de los vehículos eléctricos.

A consecuencia de la extensión limitada de este estudio algunos aspectos relevantes no han sido analizados en profundidad. Entre ellos, destaca el imprescindible análisis de la inversión necesaria en la UE-27 en la movilidad electrificada.

BIBLIOGRAFÍA.

Referencias académicas

Arrow, K., 1970. Political and Economic Evaluation of Social Effects and Externalities. En Margolis, J. *The analysis of public output*. Cambridge: NBER, pp. 1-31.

Barassi, M. & Spagnolo, N., 2012. Linear and non-linear causality between CO2 emissions and economic growth. *Energy J*, Volumen 233, pp. 23-38.

Bac, U. & Erdem, M., 2021. Optimization of electric vehicle recharge schedule and routing problem with time windows and partial recharge: A comparative study for an urban logistics fleet. *Sustainable Cities and Society*, Volumen 70.

Benz, E. & Trueck, S., 2006. CO2 Emission Allowances Trading in Europe – Specifying a New Class of Assets. *Problems and Perspectives in Management*, Volume 4, pp 30-40.

Cancelo, M. T. & Díaz, R., 2006. Emisiones de CO2 y crecimiento económico en países de la UE. *Estudios Económicos de Desarrollo Internacional*, Volumen 2, pp 69-91.

Ciesilska-Maciagowska, D. & Klimezak, D., 2021. Central and Eastern European CO2 Market- Challenges of Emissions Trading for Energy Companies. *Energies*, Volume 14, pp. 1-14.

De la Torre, L., Álvarez, E. & Espí, J. A., 2020. The interest of mineral raw materials in the development of electric vehicles. En Arcos-Vargas, A. *The Role of the Electric Vehicle in the Energy Transition*. Sevilla: Springer. Pp 136-156.

Del Rosal, I., 2022. European dieselization: Policy insights from EU car trade. *Transport Policy*, Volumen 115, pp. 181-194.

Ferro, P. & Bonollo, F., 2019. Materials selection in a critical raw materials perspective. *Material and Design*, Volumen 177.

Faria, R., Moura, P., Delgado, J. & Almeida, A., 2012. A sustainability assessment of electric vehicles as a personal mobility system. *Energy Conversion and Management*, Volumen 61, pp. 19-31.

Guo, H., Wang, X. & Li, L., 2019. State-of-charge-constraint-based energy management strategy of plug-in hybrid electric vehicle with bus route. *Energy Conversion and Management*, Volumen 199.

- Hannan, M., Begum, R.A., Al-Shetwi, A.Q., Ker, P.J., Al Mamun, M.A., Hussain, A., Basri, H. & Mahlia, T.M.I, 2020. Waste collection route optimisation model for linking cost saving and emission reduction to achieve sustainable development goals. *Sustainable Cities and Society*, Volumen 62.
- Hardman, S., Jenn, A., Tal, G., Axsen, J., Beard, G., Daina, N., Figenbaum, E., Jakobsson, N., Jochem, P., Kinnear, N., Plötz, P., Pontes, J., Refa, N., Sprei, F., Turrentine, T. & Witkamp, B., 2018. A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure. *Transport and Environment*, Volumen 62, pp. 508-523.
- Harrison, R., Van Vu, T., Jazar, H. & Shi, Z., 2021. More mileage in reducing urban air pollution from road traffic. *Environment International*, Volumen 149.
- Helbling, T., 2010. ¿Qué son las externalidades?. *Finanzas & Desarrollo*, pp. 48-49.
- Helm, D., 2017. Burn Out: The Endgame for Fossil Fuels. *Yale University Press*, Volumen 93, pp. 982-983.
- Hubbert, M. K., 1956. Nuclear and the fossil fuels. *Petroleum Institute Drilling and Production Practice*. Houston.
- Kittner, N., Schmidt, O., Staffell, I. & Kammen, D.M., 2020. Technological Learning in the Transition to a Low-Carbon Energy System. *Academic Press*, pp. 145-163.
- Laffont, J.-J., 1982. Fondements de l'Économie Publique. *Economie et Statistiques Avancées*, Volumen 1.
- Lin, S., 1976. Theory and measurement of economic externalities. *Academic Press*.
- Manzanares, V. M., 2014. Externalidades y medioambiente. *Revista Iberoamericana de Organización de Empresas y Marketing*, Volumen 1.
- Marshall, A., 1890. Principios de Economía. Madrid: *Síntesis*.
- Martinot, E., 2009. Renewables benefit from co-evolution of power grids, energy storage and electric vehicles. *Frontiers of Energy and Power Engineering in China*. Volumen 4, pp. 287-294.
- Miranda, J. M. & Iglesias, N., 2015. Las infraestructuras de recarga y el despegue del vehículo eléctrico. *Observatorio Medioambiental*, Volumen 18, pp. Pag. 57-85.

- Muratori, M., Alexander, M., Arent, D., Bazilian, M., Cazzola, P., Farrell, J. & Greene, D., 2021. The rise of electric vehicles—2020 status and future expectations. *Progress in Energy*, Volumen 3.
- Nansai, K., Tohno, S., Chatani, S., Kanemoto, K., Kagawa, S., Kondo, Y., Takayanagi, W. & Lenzen, M., 2021. Consumption in the G20 nations causes particulate air pollution resulting in two million premature deaths annually. *Nature communications*, Volumen 12, pp.1-12.
- Oda, T., Aziz, M., Mitani, T., Watanabe, Y. & Kashiwagi, T., 2018. Mitigation of congestion related to quick charging of electric vehicles based on waiting time and cost–benefit analyses: A Japanese case study. *Sustainable Cities and Society*, Volumen 36, pp. 99-106.
- Ordóñez, M., Arcos-Vargas, Á., Cansino, J. M. & Román, R., 2021. A Macroeconomic Contribution: Extended Environmental Input-Output Analysis. En Arcos-Vargas, A. *The Role of the Electric Vehicle in the Energy Transition*. Sevilla: Springer, pp. 109-132.
- Paterson, M., 2021. The end of the fossil fuel age?. *New Political Economy*, Volumen 26, pp. 923-936.
- Petrauskiene, K., Dvarioniene, J., Kaveckis, G., Kliaugaitė, D., Chenadec, J., Hehn, L., Pérez, B., Bordi, C., Scavino, G., Vignoli, A. & Erman, M., 2020. Situation Analysis of Policies for Electric Mobility Development. *Sustainability*, Volumen 12.
- Pigou, A. C., 1932. *The Economics of Welfare*. Nueva York: Macmillan.
- Princen, T., Manno, J. P. & Martin, P., 2015. *Ending the fossil fuel era*. Cambridge: MIT press.
- Rubio, F., Llopis-Albert, C., Valero, F. & Besa, A. J., 2020. Sustainability and optimization in the automotive sector for adaptation to government vehicle. *Journal of Business Research*, Volumen 112, pp. 561-566.
- Twidale, S., 2020. Analysts sharply raise EU carbon price forecasts on tougher climate goals. *Thomson Reuters*. [En línea] Disponible en: <https://www.reuters.com/article/us-eu-carbon-poll-idUSKBN2711HK> [Último acceso: 8 Marzo 2022]

Wu, Y. A., Artie, W., Yu, Z., Huang, J., Meng, K & Dong, Z.Y., 2021. A review of evolutionary policy incentives for sustainable development of electric vehicles in China: Strategic implications. *Energy Policy*, Volumen 148.

Xiaobing, L. & Molina, M., 2014. Oil: A Cultural and Geographic Encyclopedia of Black Gold. Santa Barbara: *ABC-CLIO*.

Ying Yong, J., Ramchandaramurthy, V., Miao Tan, K. & Mithulananthan, N., 2015. A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volumen 49, pp. 365-385.

Informes y otras referencias.

Accenture, 2020. Impact on the Automotive Industry: Navigating the Human and Business Impact of COVID-19.

ACEA (Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles), 2020-2021. The Automobile Industry Pocket Guide.

ACEA(Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles), 2021. EU exports of motor vehicles. [En línea] Disponible en: <https://www.acea.auto/figure/eu-exports-of-motor-vehicles/> [Último acceso: 1 Abril 2022]

Antoine, D., Rivers, N. & Balazs, S., 2019. The economic cost of air pollution: Evidence from Europe. *Informe encargado por la OECD*.

Attinasi, M., De Stefani, R., Frohm, E., Gunnella, V., Koester, G., Melemenidis, A. & Tóth, M., 2021. The semiconductor shortage and its implication for euro area trade, production and prices. *Encargado por el Banco Central Europeo*.

Berger, R., 2020. Computer on wheels: disruption in automotive electronics and semiconductors. *Focus*.

Brown, D., Flickenschild, M. & Mazzi, C., 2021. The Future of the EU Automotive Sector. *Informe encargado por la OCDE*.

Comisión Europea, 2013. Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE.

Comisión Europea, 2020. The 2020 EU industrial R&D investment scoreboard.

Comisión Europea, 2021a. Automotive Industry.

Comisión Europea, 2021b. Gas and electricity market reports.

Cornet, A., Conzade, Schaufuss, P., Schenk, S., Tschiesner, A., Hensley, R., Hertzke, P., Heuss, R. & Möller T., 2021. Why the automotive future is electric. *McKinsey*.

De Vet, J., Nigohosyan, D., Núñez, J., Gross, A., Kuehl, S. & Flickenschild, M., 2021. Impacts of the Covid-19 pandemic on EU industries. *Informe encargado por la Comisión de Industria, Investigación y Energía del Parlamento Europeo (ITRE)*.

DG MOVE, 2020. Strategic Plan 2020-2024. *Encargado por la Comisión Europea*.

EEA (Agencia Europea de Medio Ambiente), 2021a. CO2 performance of new passenger cars in Europe.

EEA (Agencia Europea de Medio Ambiente), 2021b. Greenhouse gas emissions from transport in Europe.

EEA (Agencia Europea de Medio Ambiente), 2021c. Health impacts of air pollution in Europe.

Eurostat, 2016. Energy, transport and environment indicators. Luxemburgo.

Eurostat, 2019. Energy, transport and environment statistics. Luxemburgo.

EVO, 2020. Electric Vehicle Outlook. *BloombergNEF*.

Friedlingstein, P., Jones, M. W., O'Sullivan, M., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J., Le Quéré, C., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., Anthoni, P., Bates, N. R., Becker, M., Bellouin, N., Bopp, L., Chau, T. T. T., Chevallier, F., Chini, L. P., Cronin, M., Currie, K. I., Decharme, B., Djeutchouang, L. M., Dou, X., Evans, W., Feely, R. A., Feng, L., Gasser, T., Gilfillan, D., Gkritzalis, T., Grassi, G., Gregor, L., Gruber, N., Gürses, Ö., Harris, I., Houghton, R. A., Hurtt, G. C., Iida, Y., Ilyina, T., Lujikx, I. T., Jain, A., Jones, S. D., Kato, E., Kennedy, D., Klein Goldewijk, K., Knauer, J., Korsbakken, J. I., Körtzinger, A., Landschützer, P., Lauvset, S. K., Lefèvre, N., Lienert, S., Liu, J., Marland, G., McGuire, P. C., Melton, J. R., Munro, D. R., Nabel, J. E. M. S., Nakaoka, S.-I., Niwa, Y., Ono, T., Pierrot, D., Poulter, B., Rehder, G., Resplandy, L., Robertson, E., Rödenbeck, C., Rosan, T. M., Schwinger, J., Schwingshackl, C., Séférian, R., Sutton, A. J., Sweeney, C., Tanhua, T.,

Tans, P. P., Tian, H., Tilbrook, B., Tubiello, F., van der Werf, G. R., Vuichard, N., Wada, C., Wanninkhof, R., Watson, A. J., Willis, D., Wiltshire, A. J., Yuan, W., Yue, C., Yue, X., Zaehle, S., and Zeng, J., 2021. Global Carbon Budget. *Earth Syst Sci.Data*.

Gobierno de España, 2020. Plan de impulso de la cadena de valor de la industria de la automoción.

Hacker, F., Harthan, R., Matthes, F. & Zimmer, W., 2009. Environmental impacts and impact on the electricity market of a large scale introduction of electric cars in Europe. *Informe encargado por European Topic Centre on Air and Climate Change*.

Hindriks, I., Rogrigues, M., Belicka, D., Krupenkpo, D. & Fuchs, G., The future of transport in the context of the recovery plan. *Informe encargado por la Comisión de Transportes y Turismos del Parlamento Europeo (TRAN)*.

Holland-Letz, D., Kässer, M., Kloss, B. & Müller, T., 2021. Mobility's future: An investment reality check. *Mckinsey*.

ICEX (Instituto de Comercio Exterior), 2019. Energía eléctrica en Lituania.

IEA (Agencia Internacional de la Energía), 2020. Global EV Outlook.

IEA (Agencia Internacional de la Energía), 2022a. Electric cars fend off supply challenges to more than double global sales. Paris.

IEA (Agencia Internacional de la Energía), 2022b. Electricity Market Report.

Instituto Catalán de Energía, 2018. PIRVEC: Instalación de infraestructuras de recarga para el vehículo eléctrico.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), 2022. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability.

Löfven, S., 2018. Nationell strategi för klimatanpassning. *Estrategia del Ministerio de Medio Ambiente sueco*.

Mathieu, L. & Mattea, C., 2021. From dirty oil to clean batteries. *Informe de Transport and Environment*.

McKerracher, C., O'Donovan, A. & Akbanese, N., 2019. Electric Vehicle Outlook. *BloombergNEF*.

Mönning, A., Schneemann, C., Weber, E., Zika, G. & Helmrich, R., 2019. Electromobility 2035: Economic and labour market effects through the electrification of powertrains in passenger cars. *Documento de debate de IAB*.

OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), 2020a. Environment at a Glance.

OECD(Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), 2020b. Health at Glance: Europe 2020: State of Health in the EU Cycle.

OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), 2021. ITF Transport Outlook.

OMS (Organización Mundial de la Salud), 2015. Economic cost of the health impact of air pollution in Europe. Copenhagen.

OMS (Organización Mundial de la Salud), 2017. Evolution of WHO: air quality guidelines: past, present and future.

OMS (Organización Mundial de la Salud), 2021. Ambient (outdoor) air pollution.

Parlamento Europeo, 2013. Propuesta de resolución sobre CARS 2020: Hacia una industria europea del automóvil fuerte, competitiva y sostenible.

Red Eléctrica de España, 2021. Interconexiones internacionales. [En línea] Disponible en: <https://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema-electrico/interconexiones-internacionales> [Último acceso: 19 Marzo 2022].

Ritchie, H. & Roser, M., 2020. Energy. [En línea] Disponible en: <https://ourworldindata.org/energy> [Último acceso: 15 Marzo 2022]

Svoboda, D., Tschiesner, A., Freus, H., Jánoskuti, L., Kadocsa, A., & Bartok, E., 2021. Rethinking European Automotive Competitiveness. *McKinsey*.

Tercero Espinoza, L., Loibl, A., Langkau, S., De Koning, A., Van Der Voet, E. & Michaux, S., 2020. Report on the future use of critical raw materials. *Financiado por el Programa European Union's Horizon 2020*.

Transport and Environment , 2019. How car makers can reach their 2021 CO2 targets and avoid fines. [En línea] Disponible en:

<https://www.transportenvironment.org/discover/mission-possible-how-carmakers-can-reach-their-2021-co2-targets-and-avoid-fines/> [Último acceso: 20 Mayo 2022]