



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales - ICADE

LAS ESTRATEGIAS EXITOSAS DE LAS MARCAS AUTOMOVILÍSTICAS EN EL NUEVO ENTORNO MUNDIAL

Autor: José Carrasco Rodríguez-Sañudo

Director: Miguel Ángel López Gómez

MADRID | Marzo 2023

RESUMEN

Este trabajo trata de abordar cuál será el futuro que le espera a la industria de la automoción para poder vaticinar las estrategias que pueden adoptar las marcas para asegurar su éxito. La hipótesis principal en la que se basa este estudio es que estará determinado por la transición energética hacia fuentes de energía y combustibles más sostenibles. En particular, se busca predecir cómo el actual dominio de los hidrocarburos cederá su paso a la electrificación y qué cabida tiene la hidrogeneización en el horizonte del mix de consumo energético del transporte por carretera.

Aquí se analiza el mercado actual como punto de partida sobre el que basar las estimaciones. Es objeto de este trabajo observar las tendencias incipientes que están impulsando el sector, así como la influencia que la sostenibilidad ejercerá sobre este. Para ello se revisa el estado de la ciencia en relación a los sistemas de propulsión y combustibles que existen hoy y los que pueden ser una opción viable en el futuro. Se completa con el marco regulatorio y los objetivos que afectan a la industria automovilística.

Con motivo de ejemplarizar las estrategias que algunas marcas ya están planteando, se consideran los planes concretos de Tesla y Toyota como posiciones contrapuestas en el escenario actual y qué propuestas han establecido las grandes marcas.

PALABRAS CLAVE

Sostenibilidad, Electrificación, Hidrogeneización, Hidrógeno Verde, Energía Renovable, Combustible Fósil, Combustible Alternativo.

ABSTRACT

This paper attempts to address what the future holds for the automotive industry in order to predict the strategies that brands can adopt to ensure its success. The main hypothesis on which this study is based is that it will be determined by the energy transition towards more sustainable energy sources and fuels. In particular, it seeks to predict how the actual hydrocarbon dominance will lead to electrification and what share hydrogenization has on the horizon of the road transport energy consumption mix.

The current market is analyzed here as a starting point on which to base estimates. The aim of this work is to observe the incipient trends that are driving the sector, as well as the influence that sustainability will have on it. To this end, the state of the science is reviewed in relation to the propulsion systems and fuels that are available today and those that may be a viable option in the future. It is complemented with the regulatory framework and objectives that affect the automotive industry.

To exemplify the strategies that some brands are already proposing, the specific plans of Tesla and Toyota are considered as opposing positions in the current scenario and what proposals have been established by the major brands.

KEY WORDS

Sustainability, Electrification, Hydrogenization, Green Hydrogen, Renewable Energy, Fossil Fuel, Alternative Fuel.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Planteamiento	8
1.2. Objetivos	9
1.3. Motivación	10
1.4. Interés económico	11
1.5. Estructura y metodología	12
2. EL MERCADO DEL AUTOMÓVIL	14
2.1. Historia y evolución estratégica del sector automovilístico	14
2.2. Mercado actual de vehículos	18
2.3. Proyecciones y tendencias del mercado en el futuro	22
3. MARCO TEÓRICO DE LA SOSTENIBILIDAD	27
3.1. Efecto climático del transporte por carretera	27
3.2. Concepto, tipos y principales ventajas y desventajas de los combustibles alternativos	29
3.3. Regulación y objetivos	35
4. ESTRATEGIA DE TESLA VS ESTRATEGIA DE TOYOTA	37
4.1. Contexto: estrategias marcadas en la industria automovilística	37
4.2. Caso Tesla: la electrificación de la economía	39
4.2.1. Evolución de la estrategia inicial: Plan Maestro 1 y 2	39
4.2.2. Nueva estrategia: introducción al Plan Maestro 3	41
4.2.3. Implementación del Plan Maestro 3	42
4.2.4. Viabilidad	46
4.3. Caso Toyota: la hidrogeneización	49
4.3.1. Evolución y estrategia	49
4.3.2. Viabilidad	51
5. CONCLUSIONES	54
6. LIMITACIONES	57
7. BIBLIOGRAFÍA	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS, TABLAS E ILUSTRACIONES

1. Ventas mundiales de vehículos en los principales mercados (2005-2020)...	19
2. Fabricación de vehículos por tipo en España durante el año 2021.....	21
3. Unidades de turismos fabricados en España por segmento durante el año 2021.....	22
4. Emisiones de dióxido de carbono mundiales de vehículos ligeros (2010- 2021).....	30
5. Fundamento del Plan Maestro 3.....	43
6. Plan para eliminar el consumo de combustibles fósiles.....	44
7. Inversión y desarrollo necesario.....	47
8. Crecimiento necesario de la capacidad de producción por segmento en 2030 para ser 100% sostenibles en 2050.....	48
9. Generación de las energías renovables por tecnología para alcanzar el escenario <i>Net Zero</i> (2010-2030).....	49
10. Capacidad mundial de fabricación de pilas de combustible y electrolizadores en 2025.....	53

GLOSARIO DE ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

ASEAN: Asociación de Naciones de Asia Sudoriental

C.C.O.O.: Comisiones Obreras

IEA: International Energy Agency

OICA: Organización Internacional de Constructores de Automóviles

ICEX: Instituto de Comercio Exterior

ANFAC: Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones

GN: Gas Natural

GLP: Gas Licuado de Petróleo

SUV: Sports Utility Vehicle

GNC: Gas Natural Comprimido

GNL: Gas Natural Licuado

RACC: Real Automóvil Club de Cataluña

U.S.: United States

EPA: Environmental Protection Agency

BEH: Battery Electric Vehicle

PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle

HEV: Hybrid Electric Vehicle

FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle

H2-ICE: Hydrogen Internal Combustion Engine

H₂: Hidrógeno

O₂: Oxígeno

CO₂: Dióxido de Carbono

IDEA; Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía

HVO: Hydrotreated Vegetable Oil

BioETBE: Bio Etil Tert-Butil Éter

NHTSA: National Highway Safety Administration

CAFE: Corporate Average Fuel Economy

On-shore: en la superficie

Off-shore: en el mar

TW: Teravatio

TWh: Teravatio por hora

PIB: Producto Interior Bruto

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento

El objeto de este trabajo es el estudio de las posibles estrategias que las marcas de automóviles pueden adoptar en el futuro para asegurar su éxito. En concreto, debido a los avances que se están produciendo en el desarrollo de los combustibles sostenibles, resulta crítico que las inversiones de estas empresas se canalicen hacia el futuro que el consumidor y la infraestructura disponible van a ser capaces de asumir.

Dados los avances que se han ido produciendo en la última década en cuanto a modalidades de propulsión alternativas, es decir, diferentes de aquellas basadas en los derivados del petróleo, nos encontramos en un momento clave de la historia de esta industria. Además, las estrategias deberán ser tomadas teniendo en cuenta los objetivos de sostenibilidad que los diferentes organismos internacionales están promoviendo.

Las marcas de automóviles tendrán que decidir que opción les resulta más conveniente: mantener su gama actual basada en vehículos propulsados por hidrocarburos, que son los más utilizados hoy en día; adaptar su gama de productos hacia a la electrificación, ya sea mediante vehículos propulsados por electricidad, aquellos híbridos enchufables o los que incorporan cierta hibridación ligera a base de pequeñas baterías; optar por combustibles distintos a los anteriores, como puede ser el hidrógeno verde, el biometano, el biodiesel y aquellos otros similares; o un mix de ellos.

Es el propósito de este trabajo realizar una aproximación desde un punto de vista analítico, basado en los datos disponibles hoy en día y los objetivos propuestos por aquellas instituciones que regulan esta industria o pueden tener un efecto en ella. Como marco práctico del trabajo se estudiará específicamente las estrategias que están siguiendo las dos marcas referentes de ambos bloques. Por un lado, Tesla, que es un fuerte actor y defensor del futuro del mercado de vehículos eléctricos y la electrificación de la economía, y por otro Toyota, pionero en el desarrollo de vehículos propulsados gracias al hidrógeno.

1.2. Objetivos

El objeto de este trabajo consiste en realizar un estudio sobre las tendencias e inversiones más relevantes en la industria de la automoción para determinar, desde un marco generalista, hacia dónde se dirige el mercado de las marcas de vehículos. El trabajo trata de mostrar la evolución de la oferta de parque móvil actual, que se compone en su mayoría de productos propulsados por combustibles fósiles, hasta el que encontraremos en 2050, esperando que este lo haga con sistemas más sostenibles y distintos que los actuales.

Con este estudio se busca predecir las diferentes estrategias que las marcas pueden elaborar en el contexto de la revolución tecnológica y la transición energética. Estos son los objetivos propuestos:

- (i) El principal objetivo de este trabajo es presentar las posibles estrategias que las marcas están desarrollando o van a adoptar en el medio y largo plazo. Para ello se usará el ejemplo de Tesla y Toyota como contraposición de partes.
- (ii) Otro de los objetivos que aquí se recogen es intentar dilucidar si realmente la electrificación completa del parque móvil es una opción viable, para lo que se analizará si el vehículo eléctrico resulta una propuesta plausible en términos económicos y de infraestructura, y cuáles son sus mayores ventajas y desventajas.
- (iii) Por otro lado, se estudiará la posibilidad de la irrupción del vehículo propulsado a base de hidrógeno verde en el mercado y su capacidad de crecimiento en el largo plazo. Para ello se abordará el concepto de vehículo de pila de hidrógeno y combustión de hidrógeno. Con esto, se analizará si será competitivo en nuestro mercado y si es una alternativa equiparable al vehículo eléctrico. Además, al igual que con el vehículo eléctrico se investigará su competencia en términos económicos y cuáles son sus mayores ventajas y desventajas.
- (iv) Recoger la regulación y objetivos vigente, observando si las instituciones están alineadas con el sector empresarial en cuanto al futuro que se plantea y

cómo las primeras son la pieza clave de la revolución energética del transporte. Dicho aspecto será clave para mostrar el compromiso adquirido por las instituciones.

- (v) Aglutinar las principales áreas de inversión, los fondos otorgados por instituciones y los planes de acción que las empresas privadas están llevando a cabo para promover esta transición.

1.3. Motivación

Personalmente, este trabajo contiene varios aspectos que me impulsan a llevarlo a cabo con especial empeño:

Me parece de capital importancia el hecho de que este trabajo se base en intentar abordar un análisis cuasi-predictivo sobre el propio futuro del medio ambiente en nuestro planeta. Es sabido por todos, que para lograr los objetivos *Net Zero Emissions* propugnados por la mayoría de Estados, es necesario un cambio radical hacia una la movilidad más sostenible. Este trabajo puede servir para vislumbrar las diferentes vías que se presentan tanto a las empresas automovilísticas como a nosotros, los consumidores. Es por esto, por lo que le doy especial relevancia a este estudio, ya que puede ser útil para enfocar los esfuerzos que serán necesarios, tanto por parte de la población, como de los propios organismos internacionales que impulsan las normas y objetivos, y, sobre todo, las empresas dedicadas al sector, de las que está en su mano la salud y prosperidad de las sociedades futuras.

Además, tras haber realizado unas prácticas en una entidad financiera, enfocándome en el sector de la energía, me di cuenta de la importancia del cambio de ciclo que se está produciendo en esta industria. Me parece especialmente relevante el desarrollo de las energías renovables, dado el momento de cambio histórico que se está acaeciendo y el potencial que tiene en el futuro de la economía.

El estudio está centrado en el sector automovilístico debido a mi entusiasmo por ese mundo, que sigo desde hace muchos años. Particularmente son de mi interés las nuevas tendencias que las marcas impulsan y los productos novedosos que lanzan al mercado.

Por último, este trabajo aúna a los motivos mencionados, mi pasión por la economía y las finanzas. Creo que poner en práctica los conocimientos adquiridos durante mis estudios y prácticas en el análisis de los factores económicos que intervienen en el objeto de este trabajo, y el estudio de la movilización de la inversión que va a suponer este cambio en el sector, me va a enriquecer como estudiante hoy y como profesional en el futuro.

1.4. Interés económico

Mediante este estudio se pretende analizar las inversiones que van a realizar como consecuencia de la transición energética del sector de los transportes por carretera, enfocado en los grandes grupos automovilísticos. Para ello, se estudiará la adopción de las diferentes tecnologías, analizando sus principales diferencias y enfoques, el impacto que tendrá en el futuro y cómo la regulación de cada región es un factor determinante en la razón y cuantía de las inversiones económicas para poder operar en cada mercado y alcanzar los objetivos impuestos.

De forma paralela a los avances en los sistemas de propulsión de vehículos que se avecina, será necesario el desarrollo de una infraestructura que hoy es casi inexistente en la mayor parte del planeta. Por ello, este desarrollo traerá consigo una importante inversión que es también relevante analizar. De un lado, habrá movilización de capital para la obtención de energías renovables, ya que estas nuevas fuentes serán un factor de propulsión clave en el futuro. Otro aspecto a tener en cuenta, será el uso de recursos naturales para la producción de los sistemas de propulsión de los vehículos, como puede ser el litio, lo que a nivel geoestratégico será un cambio fundamental en las economías de los países que proporcionen estos mismos materiales. Por último, para la consecución de los objetivos planteados por cada estado, será necesario la inversión en una infraestructura que sea capaz de no sólo abastecer, sino impulsar a los consumidores a la adquisición de medios de transporte más respetuosos con el medio ambiente.

Es clave en esta materia recordar que el sector de la automoción es uno de los mayores motores económicos de las grandes economías, por lo que el futuro de sus ventas resulta clave para entender y anticipar los movimientos que las grandes empresas puedan realizar afectando a la propia economía de esos países.

1.5. Estructura y metodología

La metodología de este trabajo consiste en llevar a cabo una investigación inductiva que sirva para analizar las estrategias que son más probables que sean adoptadas por las marcas del sector del automóvil. Se ha elegido esta técnica con la intención de, a partir de las estrategias concretas de Tesla y Toyota, las marcas más tecnológicamente avanzadas y referentes de sus respectivos mercados, extraer conclusiones cualitativas que desprendan luz sobre el futuro del resto de la industria. Mediante el análisis empírico de los casos citados se pretende extraer dos estrategias alternativas y opuestas que sirvan de base para el estudio de viabilidad de cada una de ellas.

Por tanto, es necesario tener un marco teórico-legislativo en el que basarnos para llevar a cabo estas consideraciones. Desde el punto de vista teórico, se recopilará la literatura experta más reciente sobre el estado actual de la ciencia de los combustibles fósiles y las tendencias que mueven el mercado, basados en estudios del sector público entre los que se incluyen el Gobierno de España, los Departamentos de Energía y Transporte de Estados Unidos u organismos internacionales como la International Energy Association y, por otro lado, se complementará con los informes y estudios realizados por empresas como McKinsey o PwC.

La revisión legislativa vigente es objeto de este estudio por ser determinante a la hora de impulsar la puesta en marcha del cambio hacia la sostenibilidad de los combustibles y regular aspectos como la conducción autónoma. Como consecuencia se llevará a cabo un análisis técnico-jurídico del marco regulatorio impulsado en los principales mercados, principalmente por la Unión Europea, el gobierno estadounidense o la ASEAN (Asociación de Naciones de Asia Sudoriental).

En cuanto a la estructura, se comenzará con una introducción que dé pie al trabajo, haciendo hincapié en la historia de las estrategias automovilistas y el momento actual del mercado. Para contextualizar la parte técnica del trabajo, se abordará el marco teórico de la sostenibilidad y transición energética, definiendo los combustibles disponibles hoy realizando sus potenciales beneficios y contras. Como ya se ha mencionado, a modo de práctica de lo recogido en el trabajo, se analizará en profundidad las estrategias anunciadas por Tesla y Toyota y, en general, el resto de las grandes marcas del sector.

De esta forma se abordará cómo las diferentes compañías afrontan sus objetivos de sostenibilidad y marcan pautas de producción e inversión enfocándose en el desarrollo de vehículos propulsados por combustibles más respetuosos con el medio ambiente. El cuerpo del trabajo desarrollará la regulación, planes y pactos nacionales e internacionales y su relación con los diferentes análisis, que se complementará con las actuales tendencias del mercado y los primeros movimientos de inversores y empresas del sector en relación a las medidas que implementen los gobiernos.

Se concluirá con un abanico de conclusiones sobre la tendencia que está siguiendo la industria y como dista o no del escenario objetivo marcado por los acuerdos y pactos relatados. En estas conclusiones, se valorará cuál de las tendencias analizadas parece más razonable hoy y que podemos esperar en el futuro.

2. EL MERCADO DEL AUTOMÓVIL

Para poder vaticinar el cambio que se va a producir en la industria automovilística en los próximos años es necesario comprender el punto de partida en el que se encuentra. Por ello, en este epígrafe se estudiará la historia y evolución de las marcas, el *momentum* del mercado de vehículos en el mundo, y en concreto en España. Por último, conviene también conocer cuáles han sido las tendencias que han marcado este sector en los últimos tiempos a modo de predecir hacia dónde tenderán en el futuro.

2.1. Historia y evolución estratégica del sector automovilístico

Debemos entender el proceso histórico de la creación del automóvil como aquel en el que mediante la síntesis de diversas ideas tuvieron como resultado el origen del mismo. La primera referencia primitiva de lo que en el futuro sería considerado como vehículo la encontramos en el siglo XIII por Francis Bacon, quien habla de artefactos que no necesitan tracción animal. Sin embargo, no es hasta el siglo XV cuando aparece de forma fáctica esta idea con la invención de un carro accionado por molinos utilizando la energía producida por el viento y un carro impulsado por la acción de pedales. Es Leonardo da Vinci quien inventa el primer medio de transporte accionado mecánicamente en torno al año 1490 (Muñoz Ramírez, 1993).

Al neerlandés Christian Huyghens se le atribuye en 1673, la invención del primer motor de combustión interna haciendo explotar pólvora y utilizando la fuerza del vacío por los pistones, lo que también será utilizado por el francés Denis Papin. Será este último el que dedique el resto de sus estudios científicos al desarrollo de la propulsión a vapor, que será mejorado por los avances de sus contemporáneos Thomas Savery y Thomas Newcomen, desarrollador del motor a vapor atmosférico. Mención aparte merece la contribución realizada por el conocido físico James Watt con su sistema de propulsión a vapor que utiliza por primera vez el cilindro, que se mueve gracias al vapor creado por el calor y el condensador en frío. En 1769, el ingeniero francés Nicolás José Cugnot diseña y fabrica un vehículo de tres ruedas autopropulsado capaz de mover a cuatro personas. En vez de utilizar la condensación del vapor, el francés optó por utilizar la energía proporcionada por el vapor a presión (Eckermann, 2001).

Tras la invención del ómnibus en Inglaterra en las dos primeras décadas del siglo XIII, el gobierno inglés decidió promulgar la *Red Flag Act*, limitando la velocidad en las afueras de las ciudades a 6,4 kilómetros por hora y 3,2 en las ciudades, entre otras medidas. Esto trajo consigo consecuencias catastróficas tanto para el desarrollo industrial del país como para el desarrollo del automóvil. Después de la guerra franco-prusiana, el liderazgo en el desarrollo del automóvil a vapor lo tomó Francia. Sin embargo, a mediados de la década de 1880 comenzaron a prosperar los primeros vehículos de combustión interna en Alemania (Eckermann, 2001).

El origen estricto del automóvil se produce en 1886 con la presentación del triciclo impulsado por gas creado por Karl Benz. Una versión mejorada de la patente 37435, registrado en la Oficina Imperial de Berlín, fue el vehículo que usó Berta Benz en el primer trayecto de larga distancia (180 kilómetros) entre Mannheim y Pforzheim, en agosto de 1888. Este hecho fue el precursor del sector automotriz, con la asociación entre Karl Benz y Gottlieb Daimler, precursores de la futura Mercedes-Benz (Mercedes-Benz Group., s.f.).

Muchas de las marcas que componen en el sector automotriz hoy en día, se desarrollaron fundamentalmente en la primera mitad del siglo XX. En su comienzo, debían adaptar sus estrategias a las nuevas necesidades de transporte que surgen entre los consumidores gracias al desarrollo de infraestructura, inexistente hasta aquel momento, las innovaciones que se producen en la industria y los efectos causados por el periodo de guerras comprendido en aquel entonces. Es aquí cuando se incorporan los principales progresos técnicos a los vehículos que se van fabricando, empezando a orientarse más hacia el público, con el motor de arranque automático, por ejemplo. Es en este tiempo en el que se desarrollan los principales componentes de los automóviles que encontramos hoy, ya que, aparte del diseño, los elementos principales siguen siendo similares (Muñoz Ramírez, 1993).

El cambio que se produce entre los primeros vehículos con estructura de carruaje hacia formas que atienden al diseño, es obra del carroceros Pininfarina. Esto obliga a los fabricantes a adoptar una nueva estrategia que antes no era contemplada de la misma forma, el gusto por el diseño de los consumidores ahora sí es relevante (Muñoz Ramírez, 1993). Otro de los cambios radicales que se produce proviene de Estados Unidos. Henry

Ford utiliza la cadena de montaje para producir sus automóviles, lo que abarata los costes de los mismos. Para poder competir con Ford, el resto de fabricantes deben adaptar sus sistemas de producción a los costes asumibles por el público, lo que genera una auténtica revolución industrial en sí misma (Eckermann, 2001).

El otro gran avance que experimenta la industria se debe a la proliferación de los medios de comunicación, que ensalzan la autonomía que otorga el automóvil al individuo como logro de la libertad. Con ello, el marketing comienza a ser una herramienta clave para lograr mayores ventas entre los fabricantes quienes tras la segunda guerra mundial alcanzan al gran público, creando máquinas más accesibles y utilizando la propaganda como medio de difusión para lograr la expansión de las compañías a nuevos mercados (Muñoz Ramírez, 1993).

En España, la industria automotriz llega más tarde que al resto de países industrializados, debido a la poca inversión que se produce en el país a principios del siglo XX. No es hasta 1914 hasta que, en Barcelona, se consolida la primera marca de origen nacional con cierta notoriedad, Hispano Suiza. Es esta ciudad la que acoge el primer Salón del Automóvil en España. Varios años más tarde participaría otra marca de la ciudad condal, El Elizalde en el salón de París. Otra de las marcas destacadas de nuestra automoción es Pegaso, que llega a batir records de velocidad de ámbito internacional. Sin embargo, es en 1949 cuando se crea la principal compañía de automóviles del país, SEAT (Muñoz Ramírez, 1993).

Las estrategias que se han ido desarrollando en la industria del automóvil son principalmente cuatro (Muñoz Ramírez, 1993):

- (i) Un proceso de fusiones de empresas y colaboración entre las mismas para dar lugar a la concentración de grupos y fábricas en orden de reducir costes y optimizar la capacidad productiva a las necesidades cambiantes de la demanda. Encontramos hoy en día grandes conglomerados como son el Grupo Stellantis (de la unión de los grupos P.S.A. y F.C.A.), Volkswagen o Toyota Motor Corporation, que incorporan diferentes marcas bajo una empresa *holding* común en el que se benefician de los componentes que comparten entre ellas y de su mayor acceso al público.

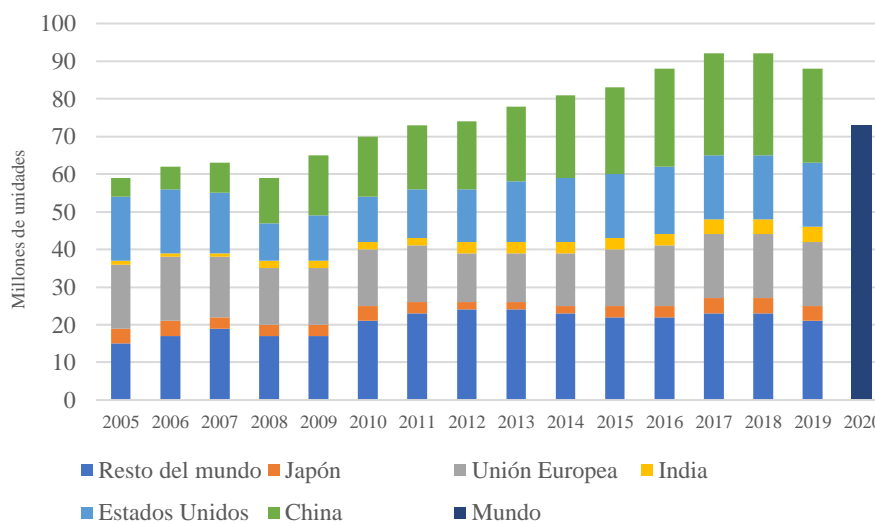
- (ii) Acuerdos para la cooperación industrial e investigación para lograr un mayor desarrollo “tecnológico, industrial y comercial”. Dada la creciente tendencia a la automatización de los vehículos y la constante incorporación de nuevos elementos y avances tecnológicos. De estas colaboraciones nacen acuerdos como el de Polestar y Volvo o Mercedes-Benz con Geely para competir en los mercados chinos y beneficiarse de la tecnología de la electrificación entre ambos.
- (iii) Medidas en relación a la empresa: desde aquellas que comprendan el ajuste de los costes de producción ante el incremento de los mismos o el movimiento de la demanda; sobre la calidad del producto basada en la tecnología, la seguridad, la sostenibilidad, el servicio prestado al cliente; el control del aprovisionamiento para que funcione de forma eficaz y óptima; y las relacionadas a las inversiones necesarias para la adaptación a las nuevas tecnologías y el I +D.
- (iv) Creación de sinergias mediante las que estas compañías puedan intervenir en otros sectores que le permitan adquirir una nueva cuota de mercado aprovechando la tecnología de la que disponen. Ejemplo de esto serían los novedosos sistemas que unen los sistemas de carga eléctrica de los hogares abastecidos por el autoconsumo energético y las baterías de los vehículos eléctricos, como es el caso de la alianza entre SunPower y General Motors, o Tesla y SolarCity, ambas en Estados Unidos.

Las tendencias más recientes que marcarán los próximos años de esta industria las han protagonizado los sistemas de *carsharing*, la conducción autónoma, la digitalización, pero, sobre todo, la transición energética de los combustibles utilizados por los vehículos (C.C.O.O., 2018). Estos han sido los mayores avances realizados en la industria, y es objeto de este trabajo abordar con mayor detenimiento en los próximos apartados cómo afectará este cambio en la sostenibilidad de los combustibles a las estrategias que deberán seguir las marcas y cómo, en el borde de un futuro incierto, algunas de ellas están tomando vías distintas.

2.2. Mercado actual de vehículos

La industria del automóvil ha experimentado un constante aumento de demanda a nivel mundial que se ha visto plasmado en las cifras de ventas alcanzadas en los últimos años. La causa de este incremento se debe principalmente al auge de las economías emergentes, donde el aumento del nivel adquisitivo de sus habitantes ha posibilitado el crecimiento del parque móvil de estos países, a la vez que en el resto del mundo se mantenían los volúmenes previos. Después de los records de ventas mundiales, de alrededor de 92.000.000 (se seguirá a lo largo del trabajo la numeración tradicional para evitar distorsiones entre el sistema numérico anglosajón y el continental) de unidades de vehículos vendidas al año, batidos consecutivamente entre 2017 y 2018, el volumen de las mismas fue decreciendo paulatinamente.

Gráfico 1: Ventas mundiales de vehículos en los principales mercados (2005-2020)



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de IEA, 2021

Debido a los efectos de la crisis del Covid-19 estas cifras se desplomaron hasta aproximadamente 73.000.000 de unidades en el año 2020, recuperándose ligeramente en 2021, cuando la cifra alcanzó cerca de 83.000.000 vehículos (OICA, 2022). La principal causa del desplome de las ventas y la lenta recuperación se debe a la ruptura de la cadena de suministros y al alza de los precios de los chips necesarios para producir los

automóviles. Estos efectos tienen como consecuencia que en 2022 el número de ventas sea inferior e incluso que en 2023 no se llegue a recuperar los volúmenes de 2019 (Statista, 2023).

Para la correcta evaluación de las estrategias a seguir por las diferentes marcas, deberán tener en cuenta su zona geográfica de interés. Así, según los últimos datos arrojados, China encabeza la lista de los mayores fabricantes. Sólo en el año 2021 este país superó las 21.000.000 unidades de vehículos, incluyendo los de uso privado y comercial, de los poco más de 80.000.000 producidos en todo el mundo, lo que representa más de una cuarta parte de la producción mundial. Tras este, le siguen Estados Unidos y Japón encabezando la lista (OICA, 2022).

En el caso de España, es uno de los principales actores en el entorno mundial, siendo el segundo fabricante a nivel europeo y el octavo en el orden internacional. En 2021 el sector de la automoción español fabricó cerca de 2.100.000 vehículos, un 8% menos que al año anterior (OICA, 2022). En 2021, los ingresos de la industria, incluyendo aquellas empresas fabricantes y de componentes, contribuyeron al PIB nacional un 10% y obtuvieron un superávit comercial cercano a los 19.000.000 de euros. Por otro lado, la inversión en el sector moviliza cada año alrededor de 4.000.000 de euros. La naturaleza de la producción automotriz española es prácticamente exportadora, principalmente dentro del Mercado Común Europeo, y de forma creciente a países como Marruecos, Argelia o Chile (ICEX, 2022).

Por otro lado, España se encuentra a la cabeza de inversión en desarrollo e investigación dentro de este sector, siendo las plantas españolas de las más eficientes y automatizadas del continente, con una ratio de robot por empleado asimilable al de las fábricas alemanas. Además, cuenta con plantas de fabricación de vehículos y componentes para las principales marcas internacionales. Sin embargo, esta prosperidad del país en este sector en el mapa mundial se ha visto amenazada, como en el resto del continente, por la citada crisis del Covid y la férrea regulación medioambiental europea, lo que hacen que la industria se vuelva en cierta medida menos competitiva (Montoriol Garriga y Díaz, 2021).

Conviene en este análisis, desglosar la composición y estructura del parque móvil nacional. En primer lugar, debemos descomponer la producción de vehículos según los

tipos que se fabrican. De esta forma, la siguiente tabla divide la producción española del sector según sean de uso privado, englobando los turismos y todoterrenos, los vehículos destinados a un uso comercial y, por último, aquellos de índole industrial. Como puede observarse en la gráfica siguiente, el único tipo de vehículo que ha visto incrementada su producción ha sido aquellos vehículos industriales, que incluye los industriales ligeros y pesados y los tracto-camiones (ANFAC, 2022).

Tabla 1: Fabricación de vehículos por tipo en España durante el año 2021

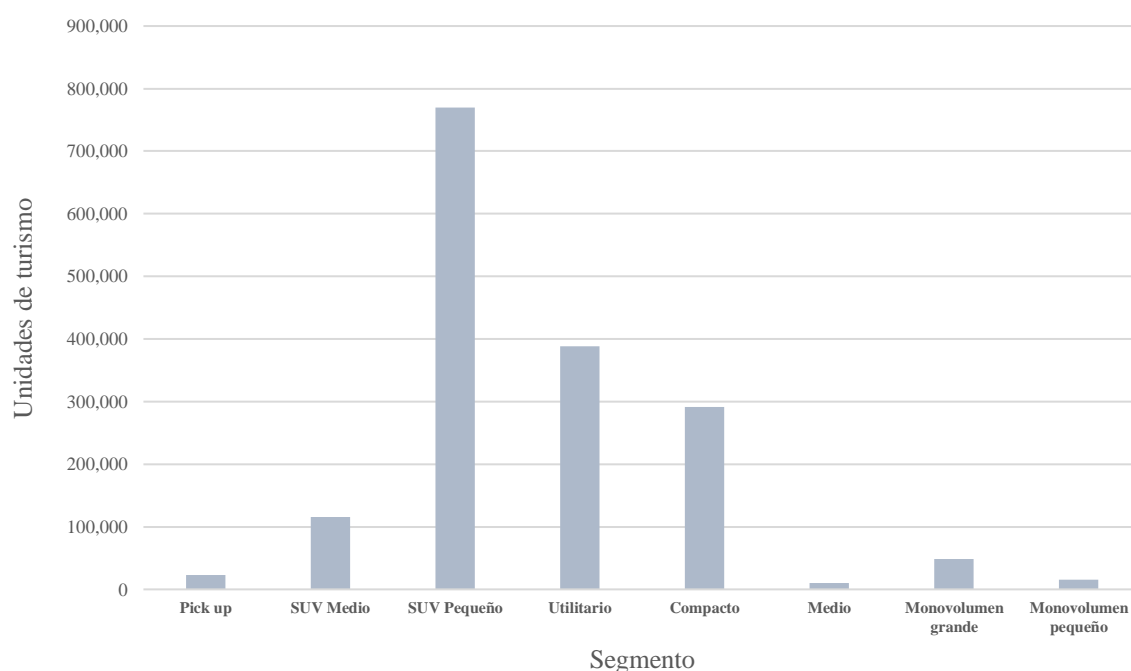
	2020 (uds)	2021(uds)	Variación (%)
Turismos y todoterrenos	1.800.664	1.662.174	-7,7 %
Vehículos comerciales	430.616	383.736	-7,5 %
Vehículos industriales	36.905	52.223	41,5 %
Total	2.268.185	2.098.133	-7,5 %

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de ANFAC, 2022

Otro aspecto que será decisivo para la correcta selección de la estrategia a seguir por las marcas para que resulten exitosas, será discernir el tipo de vehículo en el que se podrá enfocar la implementación de sistemas de propulsión basados en combustibles alternativos y gracias a ello seleccionar el segmento *target* más adecuado. Para ello, habrá que dividir el parque móvil español por segmentos. El objetivo es conocer la viabilidad que puede tener la implementación de cada una de las opciones tecnológicas disponibles en el futuro. Podría no ser conveniente, por ejemplo, adoptar una estrategia de electrificación completa de aquellos vehículos destinados a recorrer grandes distancias, ya que el estado de la ciencia y la infraestructura disponible harían que estos vehículos no fueran lo suficientemente competitivos. Por otro lado, los segmentos de vehículos

utilitarios y compactos son más beneficiados por la electrificación al poder ser utilizados únicamente para distancias cortas, dada la limitada autonomía de las baterías que hoy están disponibles en el mercado. No obstante, este tema será tratado en su correspondiente epígrafe. La composición de la fabricación española por segmento es la siguiente:

Gráfico 2: Unidades de turismos fabricados en España por segmento durante el año 2021



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de ANFAC, 2022

Por último, es razonable dividir los vehículos según el combustible que utilicen. La visión general de la composición del parque móvil español en relación a la sostenibilidad de sus sistemas de propulsión sirve, en este contexto, para observar el desarrollo logrado hasta ahora y los horizontes que se pueden impulsar en las próximas décadas. En el año 2021, la producción de vehículos movidos por fuentes de energía alternativa (distintos a la gasolina o al diésel) se distribuyó de la siguiente forma (ANFAC, 2022):

- (i) Eléctricos puros: se produjeron un total de 72.492 vehículos de este tipo, desde los 55.992 del año anterior, lo que supone un incremento del 36,6%.

- (ii) Híbrido enchufable: el número de automóviles enchufables a la red eléctrica ascendió a 118.444, mientras que en 2020 esta cifra era de 83.965. Esto implica diferencia en el volumen producido de 41,1%.
- (iii) Híbrido ligero (no enchufable): la producción de este tipo supuso una cifra de 8.757, respecto de los 5.504 del periodo anterior, es decir, un incremento del 59,1%.
- (iv) GN (Gas Natural): descendió su fabricación en un 6,3%, de los 19.360 automóviles a 18.139.
- (v) GLP (Gas Licuado de Petróleo): Este otro derivado del gas, sin embargo, debido a la reducción de coste que supone en la recarga como suplemento a los derivados directos del petróleo, ha visto como la fabricación de vehículos de este tipo ha incrementado desde las 16.380 unidades en 2020 a las 20.548, un 25,4% más que el año anterior.

El mercado actual de automóviles en España está dominado, por tanto, por vehículos SUV pequeños, que son la tendencia en la mayoría de mercados internacionales. Además, muchos de los sistemas de propulsión alternativos están experimentando un crecimiento constante y una penetración en el mercado que se está asentando en el mismo de forma paulatina. Sin embargo, los límites infraestructurales que serán mencionados posteriormente bloquean el potencial de desarrollo, por lo que su expansión dependerá en gran medida de los planes económicos e inversiones que se hagan. En relación al vehículo propulsado a base de hidrógeno verde, resulta reseñable señalar que en España únicamente hay 6 hidrogeneras, de las cuales sólo 3 son públicas, existiendo menos de 20 vehículos de este tipo matriculados (Amadoz, 2022).

2.3. Proyecciones y tendencias del mercado en el futuro

De acuerdo con últimos datos publicados, a finales de 2022 había un total aproximado de 1.446.000.000 vehículos en todo el mundo, de los cuales, cerca de un 20% de los mismos se encontraban en Estados Unidos (Hedges&Company, 2023). Aunque este número se

estima que va a seguir incrementándose, hay informes que aseguran que se va a producir una reducción del crecimiento en la fabricación de automóviles en las próximas décadas para lograr los objetivos medioambientales y debido a las propias tendencias del sector. Algunas empresas del sector energético han analizado varios escenarios probables en los años 2030, 2040 y 2050 del número de automóviles que puede existir en estos y su diferenciación por el tipo de combustible que utilicen. Los escenarios principales contemplados en este análisis son el *Accelerated*, término que hace referencia a que las políticas implementadas por gobiernos y empresas, junto con la transición energética, conlleven a que en el año 2050 se hayan reducido las emisiones de dióxido de carbono en un 75% y el *Net Zero*, que incrementa esta cifra hasta el 95% (BP, 2023)

Bajo el escenario *Accelerated*, se espera un total de vehículos ligeros en el parque móvil mundial en el año 2030 de alrededor de 1.750.000.000 automóviles, a lo que habría que añadir 120.000.000 de vehículos pesados. El mismo, para el año 2035 en el escenario *Accelerated*, augura que de los 20.000.000 de vehículos eléctricos y eléctricos enchufables que había en 2021 se incremente hasta un rango comprendido entre 550.000.000 y 700.000.000 (incluyendo automóviles y vehículos comerciales no pesados). Para el año 2050, en el escenario *Net Zero*, que se diferencia del escenario anterior por plantear que las emisiones de dióxido de carbono se reduzcan hasta el 95%, se esperan que el número de vehículos eléctricos sea de en torno a los 2.000.000.000, lo que supone un 80% del parque móvil mundial para ese año (BP, 2023).

En cuanto a los vehículos pesados, como son los camiones, bajo ambos escenarios se plantea que del 90% que en 2021 eran propulsados por combustibles diésel, para 2035 estos representen entre el 70% y 75% y entre el 5% y el 20% en 2050 (BP, 2023). La razón de este descenso se debe a que se espera que penetre en este segmento la electrificación en gran medida, pero, además, que también lo haga la hidrogenización, dada su eficiencia en comparación con las baterías eléctricas en las largas distancias. Aunque los vehículos pesados no sean el objeto de estudio de este trabajo, resulta muy relevante la transformación de la flota de camiones hacia la hidrogenización. Si esta sucede, según varios expertos, se desarrollaría la infraestructura necesaria para el fomento del vehículo ligero de hidrógeno entre los particulares, hecho fundamental para la transición hacia este combustible (Heid et al, 2022).

Entre las tendencias más relevantes de este sector podemos encontrar 5 ámbitos estratégicos generales:

- (i) Vehículos autónomos: ya en la década de los 2000 se realizaron los primeros experimentos sobre el terreno de este tipo de tecnología y fue Google, la que los dio a conocer al público con su famoso taxi autónomo. Sin embargo, ha sido en los últimos años cuando los particulares han podido tener acceso a los primeros niveles de conducción semi-autónoma en la vía pública. Aunque la regulación no acompañe la velocidad con la que se está desarrollando, estudios auguran que para el año 2030 se obtengan unos ingresos derivados de este sistema de conducción en las áreas urbanas de hasta 1.600.000.000.000 de dólares en todo el mundo al año (Heineke y Kampshoff, 2019). Otros autores llegan a afirmar que el 40% de la distancia recorrida en Europa podría ser cubierta por los vehículos autónomos en el año 2030 y otorgan al taxi autónomo dentro de las ciudades una importancia capital en el futuro (Khunert et al, 2018).
- (ii) Conectividad y digitalización: este sistema ya implantado en la mayoría de vehículos nuevos tiene un amplio horizonte de desarrollo. Hay 5 niveles dentro de la misma: el hardware digital implantado en el vehículo que permite al usuario monitorear el rendimiento y sistema del automóvil, la conectividad individual pensada para proveer de una conexión entre el usuario y conectar con él más elementos, la personalización de preferencias que habilita a los integrantes a formar parte de la utilización del vehículo y ajustar a sus necesidades la disposición del mismo, la interacción con el automóvil de los ocupantes, capaz de proporcionar respuestas a las proposiciones de estos e incluso proponer interacciones de forma autónoma y, por último, el chófer virtual, que predice mediante el uso de inteligencia artificial las necesidades de los usuarios, por ejemplo, en materia de seguridad (Bertoncello et al, 2019).
- (iii) Optimización de costes de fabricación de vehículos alternativos: con el avance de la tecnología y el desarrollo se han reducido considerablemente los costes

de fabricación de vehículos eléctricos. La principal razón es la especialización que marcas como Tesla han llevado a cabo. Mediante la supresión de los modelos de combustión interna, las inversiones necesarias para hacer competitivos estos modelos frente a los tradicionales son mayores. Por eso, para poder alcanzar a una mayor parte del mercado con precios competitivos, manteniendo las prestaciones, necesitan dar un paso al frente en cuanto a innovación se refiere. Para el periodo 2025-2030 se espera que el coste medio de las baterías descienda en torno a un 50% en comparación con el año 2019, suponiendo estas piezas un cuarto del coste total de fabricación (Hertzke et al, 2019). En el caso del hidrógeno, el coste de fabricación de los mismos también está disminuyendo como efecto de la creciente infraestructura disponible y desarrollo de sistemas en los vehículos pesados (Heid et al, 2022).

- (iv) Integración en el mercado de vehículos eléctricos y de hidrógeno: de forma introductoria al tema que más tarde será tratado, son varios los autores que apuestan por que las fuentes de energía que muevan el sector en el futuro esté compuesta por un *mix*. Aunque el desarrollo de las baterías eléctricas se haya desarrollado con un mayor ritmo y sean en el corto plazo una opción más viable de transición energética, son muchos los beneficios que pueden suponer un mercado integrado por distintos tipos de combustible. En el caso de los vehículos de pila de hidrógeno, si este representara una alternativa real, el público podría beneficiarse de ventajas como tiempos de recarga más rápidos que las baterías, además de que el capital empleado y el espacio empleado en la recarga es considerablemente menor que los puntos de carga rápida de baterías (Heid et al, 2019). La rapidez con la que se implemente la infraestructura necesaria para obtener estos resultados será clave en este proceso. Se estima que, a partir de 2035, el mercado de recarga de hidrógeno en Europa se incrementará a una tasa del 105% anual (Heid et al, 2022).
- (v) *Carsharing* y *ride-hailing*: ambas tendencias implican el hecho de compartir un mismo automóvil, sin embargo, mientras que la primera hace referencia a vehículos privados o de proveedores de flota, los segundos lo hacen en un trayecto determinado y normalmente se ordenan por medio de una aplicación

web. Un ejemplo de *carsharing* es la aplicación DriveNow y otras como Uber o Blabla Car lo serían de ride-hailing (Kuhnert et al, 2018). Cabe añadir que hay expertos que aseguran que el futuro del *carsharing* dependerá directamente del desarrollo del vehículo autónomo. Las sinergias que estos dos conceptos pueden generar hacen que vayan de la mano ya que, además, supondrían un ahorro de costes para empresas de servicios de movilidad (Baltic et al, 2019).

3. MARCO TEÓRICO DE LA SOSTENIBILIDAD

En este apartado se pretende abordar el tanto el marco conceptual como el regulatorio y económico del problema que genera la contaminación de los automóviles. Como solución se estudian aquí los combustibles alternativos que pueden liderar el futuro y cómo las marcas pueden adoptar estrategias en relación a estos para afrontar con éxito el futuro. Para el correcto análisis se observa, además de los sistemas de propulsión sostenibles, las medidas establecidas para su desarrollo y el potencial que pueden alcanzar mediante el estudio del marco regulatorio vigente, objetivos institucionales y la inversión que se está realizando en esta nueva forma de entender el transporte.

La sostenibilidad de los combustibles es un elemento fundamental de este trabajo, ya que, hoy en día, es el principal motor de cambio de la industria automovilística. La contaminación producida por el transporte por carretera es un problema que los gobiernos de la mayoría de los estados se han propuesto reducir. Conocer cuál es la situación actual de la cuestión es vital para poder analizar de forma cuantitativa cuanto hay que reducir el consumo de combustibles tradicionales. Otro aspecto que aquí se trata es el estado actual de la ciencia en relación al desarrollo de combustibles sostenibles. Para ello se sintetiza, además de las características técnicas, sus principales ventajas y desventajas, para poder concluir cuál tiene más futuro dentro de las estrategias de las marcas. Por último, la regulación internacional es uno de los motores que impulsan la transición energética de los vehículos. Por tanto, este marco teórico sirve para conocer el punto desde el que parten las marcas a la hora de planear sus estrategias, teniendo en cuenta los sistemas de propulsión disponibles más eficientes, su disponibilidad para los consumidores y las reglas que deben cumplir en el ámbito legislativo.

3.1. Efecto climático del transporte por carretera

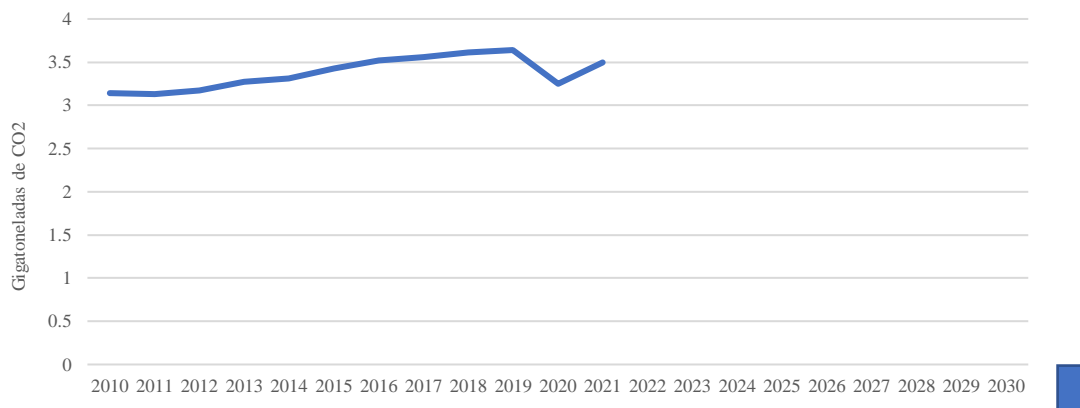
La contaminación de los vehículos privados y comerciales han supuesto, sólo en 2021, un 8% de todas las emisiones directas de dióxido de carbono globales. Aunque los desarrollos producidos en la industria automotriz han estado enfocados hacia la eficiencia de motores y el resto de componentes de los automóviles, la tendencia a adquirir vehículos de mayor tamaño como son los *SUVs*, y de mayor potencia, hace peligrar la tendencia bajista de emisiones nocivas emitidas. Según varios expertos, con la integración

del vehículo eléctrico y la mejora de las eficiencias de consumo de combustible se podría corregir esta curva y lograr los objetivos marcados por los organismos internacionales para 2050 (Paoli et al, 2022).

En Europa, esta cifra representa hasta el 12% del dióxido de carbono emitido a la atmósfera y el 2,5% de gases de efecto invernadero. Para contrarrestar estos efectos nocivos, la Comisión Europea promulgó el 1 de enero de 2020 el Reglamento 2019/631 en relación a los parámetros obligatorios de emisión de dióxido de carbono y otros gases por los automóviles vendidos en la Unión. Este reglamento ha marcado el mercado europeo de automóviles, haciendo cambiar de estrategia a marcas que no estaban apostando por la electrificación e impidiendo que productos internacionales contaminantes entraran en nuestro mercado. Otro de los resultados que tuvo la implementación de esta norma ha sido la reducción de dióxido de carbono en 1% de media en aquellos vehículos nuevos matriculados en Europa. Además, gracias a los beneficios legales que implica en muchos casos el vehículo eléctrico, junto con las restricciones que han supuesto esta norma, la cuota de mercado de este tipo de automóviles se ha triplicado en Europa (Comisión Europea, s.f.).

Para conseguir reducir las emisiones de gases a la atmósfera, los gobiernos han propuesto una serie de planes, que serán analizados en apartados posteriores, para lograr el descenso de la emisión de estos gases nocivos. La principal característica común a todos ellos se basa en la utilización de otras fuentes de energía diferentes a los hidrocarburos no renovables para la producción de la misma, como son los combustibles alternativos. Bajo el escenario *Net Zero*, se espera que las emisiones actuales de 3,5 giga toneladas de dióxido de carbono se reduzcan hasta un rango entre 1,74 y 2,13 giga toneladas en 2030. Para lograr este objetivo, habría que reducir anualmente las emisiones en un 6% (Paoli et al, 2022).

Gráfico 3: Emisiones de dióxido de carbono mundiales de vehículos ligeros (2010-2021)



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de IEA, 2022

3.2. Concepto, tipos y principales ventajas y desventajas de los combustibles alternativos

Las principales fuentes de energía utilizadas hoy en día en el transporte por carretera de vehículos son aquellas derivadas del petróleo, como pueden ser la gasolina o el diésel, los combustibles fósiles. El consumo de los productos petrolíferos representó el 91% del total consumido en el mundo en 2021 por el transporte por carretera. El resto del consumo se atribuye a los biocarburantes y el gas natural. La electricidad para la recarga de baterías de vehículos eléctricos apenas supuso un 1% del consumo total (Teter, 2022). Sin embargo, con el desarrollo de la ciencia energética han ido cobrando importancia nuevos tipos de combustibles, aquellos denominados alternativos.

Según la definición descrita en la directiva 2014/94/UE, las energías alternativas son aquellas que son capaces de reemplazar de forma total o parcial a los combustibles derivados directamente del petróleo o combustibles fósiles. Este grupo lo componen el gas natural y sus derivados (el biometano, el gas natural comprimido o GNC y el gas natural licuado o GNL), la electricidad, el gas licuado de petróleo o GLP, el hidrógeno y los biocarburantes (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2014). Otros autores, desglosan estas fuentes en dos grandes grupos. Por un lado, aquellas derivadas

de la biomasa y por otro las que provienen de la energía eléctrica. Esta división distinta a la contemplada por la Unión, se debe a que algunas de las fuentes que esta incluye son combustibles fósiles no renovables, por lo tanto, aunque menos contaminantes que los tradicionales, no serían una opción alternativa en sentido estricto (Breuer et al, 2022).

A continuación, se realizará un análisis pormenorizado de cada uno de estos tipos de combustibles, sus posibles aplicaciones y sus ventajas y desventajas:

- (i) Gas natural: aunque este tipo de fuente de energía pertenece al grupo de los combustibles fósiles es menos contaminante que los tradicionales al estar formado en su mayoría por metano. Además, puede ser obtenido a partir del biometano, aquel obtenido a partir del biogás, siendo este combustible en plenamente renovable. Los vehículos propulsados por este gas pueden dividirse en dos, aquellos basados únicamente en gas o mono-combustibles y aquellos que utilizan una mezcla de este gas junto con los combustibles fósiles tradicionales (gasolina o diésel). Otra diferenciación entre grupos la establece el estado en el que se encuentre esta fuente. Así, en el caso que esté comprimido se denominará GNC y si está líquido será GNL (Grupo Interministerial para la Coordinación del Marco de Acción Nacional de Energías Alternativas, 2019).

Entre las principales ventajas de utilizar este gas como combustible, se incluyen que el repostaje es más económico que los combustibles tradicionales y emite menos dióxido de carbono, pudiendo reducir hasta un 24% menos, además del dióxido de nitrógeno y los gases efecto invernadero (RACC Blog, s.f.). Las desventajas fundamentales son el espacio que ocupa el tanque en el vehículo, la poca oferta que existe en el mercado tanto de vehículos de este tipo como de infraestructura de recarga y que la ratio de kilómetros por tanque es menor (U.S. Department of Energy y EPA, s.f.).

- (ii) Electricidad: El vehículo eléctrico puede ser definido como aquel propulsado a través de un motor eléctrico que incorpora energía en una batería alimentada de electricidad. Los principales tipos de vehículos de este tipo son los *Battery Electric Vehicles (BEV)*, aquellos que utilizan la recarga de las baterías por

una fuente externa de electricidad para accionar el motor, el *Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)*, un híbrido enchufable que además incorpora un motor térmico de ayuda a la autonomía y el *Hybrid Electric Vehicle (HEV)*, el que alterna un motor impulsado por combustibles tradicionales y un motor eléctrico con una batería que se carga con la propia energía recuperada del sistema de combustión interna, en vez de con una fuente externa. Algunos autores enmarcan en estos vehículos el *Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)*, aquel que consume hidrógeno para generar energía, que será tratado en su correspondiente apartado (U.S. Department of Transportation, 2022).

Las ventajas fundamentales de este tipo de vehículos son el menor coste de recarga, la posibilidad de recargarlo en las viviendas, la disponibilidad de la creciente infraestructura que se está desarrollando, los beneficios regulatorios y económicos que en muchos países o regiones incorporan y que la eficiencia de los motores eléctricos en comparación con los de combustión interna es comparativamente mayor (U.S. Department of Energy y EPA, s.f.). En el plano del consumidor, estos vehículos pasan menor tiempo de su vida en el taller en comparación con los de combustión interna debido a la simplicidad de su sistema. Se puede añadir a estos los beneficios para la sociedad derivados del silencio de este tipo de motores (Mondragón Tenorio, 2021). Por otro lado, las desventajas que presentan son el mayor coste de adquisición del vehículo, las baterías tienden a tener menor eficiencia con el paso del tiempo, tienen una autonomía limitada, el tiempo de espera en la recarga es mayor que en otro tipo de vehículos y la infraestructura actual no es suficiente para abastecer la demanda futura (U.S. Department of Energy y EPA, s.f.).

- (iii) Gas licuado de petróleo o GLP: está compuesto por propano y butano y se utiliza fundamentalmente en automóviles de combustión interna. Su producción se obtiene en mayor parte de la extracción de gas y petróleo y el resto del propio refinado del crudo (Grupo Interministerial para la Coordinación del Marco de Acción Nacional de Energías Alternativas, 2016).

Las ventajas, como en los casos anteriores, se resumen en un menor precio del combustible, menores necesidades de mantenimiento y que sus emisiones son

menos nocivas que las de los combustibles tradicionales. En la otra cara de la moneda, encontramos que esta fuente de energía es menos eficiente que los derivados tradicionales del petróleo, por lo que el kilometraje a igualdad de contenido de combustible que en un vehículo gasolina o diésel será menor. Además, la oferta para comprar estos vehículos es limitada y la conversión de los automóviles tradicionales a este sistema es costosa (U.S. Department of Energy y EPA, s.f.).

- (iv) Hidrógeno: es el compuesto químico más ligero y abundante del universo, aunque no en nuestro planeta (BBVA, 2021). En su utilización en el transporte, puede usarse el hidrógeno como vector energético. Los distintos tipos de hidrógeno se diferencian entre ellos en cómo han sido generados. Así, el hidrógeno gris es aquel producido mediante la energía que aporta el gas natural y otros gases contaminantes. El azul, aunque se genera de la misma forma, es hasta un 95% menos contaminante. Esto se debe a que en el proceso de producción de este vector se captura gran parte del dióxido de carbono liberado. El último tipo, el hidrógeno renovable, conocido como verde, es el más relevante a efectos de este análisis de sostenibilidad (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

Fundamentalmente hay tres tipos de vehículos de hidrógeno, los denominados *Fuel Cell Electric Vehicles (FCEV)* o vehículos de pila de hidrógeno, los vehículos de combustión interna que utilizan el hidrógeno como combustible (H₂-ICE) y aquellos que usan el hidrógeno para aumentar la autonomía de la batería eléctrica. Aunque todos ellos usan el mismo químico para generar energía, no todos son igual de eficientes y sostenibles. Actualmente el más común es el *FCEV* por su versatilidad (Centro Nacional del Hidrógeno, s.f.)

Los primeros están dotados de un tanque de hidrógeno, que está más reforzado que el de los vehículos de combustión interna regulares, ya que en estado comprimido es inflamable. Junto con el tanque opera un sistema electroquímico, que utiliza la reacción entre el H₂ y el O₂ para generar electricidad que será transmitida al motor eléctrico, que es la fuente de energía que propulsa al vehículo, reciclándose la energía no utilizada en la batería del

automóvil. Estos vehículos son totalmente neutros en cuanto a emisiones de dióxido de carbono y el residuo que expulsan por los sistemas de escape es agua. Por otro lado, aquellos que consumen hidrógeno para propulsar el motor de combustión interna funcionan de la misma forma de aquellos que utilizan combustibles tradicionales con las particularidades que implica el uso de este químico. Aunque reducen gran parte de las emisiones, estos vehículos no llegan a ser plenamente sostenibles. Los que usan el hidrógeno para incrementar la capacidad de la batería tienen un funcionamiento similar a los *FCEV*, aunque en estos motores, la electricidad generada por el hidrógeno, va directamente a las baterías para después transmitirlas al motor eléctrico (BBVA, 2021)

El H₂ verde se genera a partir de fuentes de energía renovable, que suele provenir de parques solares instalados en las inmediaciones de plantas de producción del mismo, aunque también pueden hacerlo de granjas eólicas. Este método de transformación se llevaría a cabo, en la mayoría de los casos, mediante la electrolisis, en la que se usa la electricidad para romper las moléculas del agua en hidrógeno (H₂) y oxígeno (O₂). También existen otras formas de realizar esta transformación, como son la conversión de hidrocarburos o la transformación del carbón en gas (Grupo Interministerial para la Coordinación del Marco de Acción Nacional de Energías Alternativas, 2016).

El hidrógeno verde es un vector energético que presenta muchas ventajas en comparación con el resto de combustibles. La principal ventaja del H₂ renovable es que su consumo y producción es 100% sostenible, sin emitir ningún gas contaminante a la atmósfera. En lo relativo a su conservación y almacenamiento, este vector es fácilmente manejable y, además, como nuevas compañías están desarrollando, los tanques de hidrógeno pueden ser sustraídos del vehículo por el consumidor para introducir pilas cargadas nuevamente con este vector. Por ello, con una red suficiente de puntos de intercambio de tanques se podría asegurar la presencia suficiente de puntos de suministro. Otro de los beneficios del uso de esta tecnología es que, a partir de este, se puede transformar a su vez en electricidad o gas sintético para otros

usos (López Redondo, 2022).

Uno de los contras más notorios son los altos precios que hoy en día supone la generación de energía renovable, aunque los precios han disminuido considerablemente en las últimas décadas, gracias a la inversión en su desarrollo. Otra gran desventaja es que la producción de hidrógeno demanda más energía que el resto de combustibles. Por eso se dice que el hidrógeno es energéticamente poco eficiente, al necesitar mucha energía por tener muchas pérdidas en su generación y transformación. Un aspecto a tener en cuenta de cara a su uso cotidiano es que es muy inflamable, por lo que para asegurar su uso necesita mayor protección, lo que implica mayores costes (Iberdrola, 2021).

- (v) Biocarburantes: la nota característica de este combustible es que su origen ha de ser renovable, obtenidos mediante el uso de biomasa. Se entiende como tal todo residuo o desecho biodegradable proveniente de actividades como la agricultura, la pesca, la silvicultura o los restos industriales que sean de este tipo (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2009). Los principales tipos de biocarburantes son (IDAE, s.f.):
- Bioetanol: obtenido a través de la fermentación del azúcar que se encuentra en varios restos vegetales, dando lugar al alcohol etílico que se utiliza para el transporte. Es un combustible menos contaminante que los tradicionales que no requiere una gran inversión para la conversión de los vehículos y mejora las vibraciones del motor. Sin embargo, no puede mezclarse con los combustibles tradicionales, es poco eficiente energéticamente y no está asentado en el mercado (U.S. Department of Energy y EPA, s.f.).
 - Biodiesel: se produce mediante la combinación de alcohol con aceites vegetales y/o grasas de origen animal. Se puede mezclar con otros carburantes como el diésel. Sus ventajas más notorias son que produce menos emisiones que el diésel tradicional, siendo fácilmente tratable y es biodegradable. En el lado de los contras, destaca que no es tan eficiente como el diésel, afecta al rendimiento del vehículo, es más caro y puede llegar a emitir más óxido de

nitrógeno que los combustibles tradicionales (U.S. Department of Energy y EPA, s.f.).

- Otros biocarburantes: entre ellos podemos hablar del hidrobiodiésel (*HVO*), derivado de la mezcla de los combustibles biodiesel con el hidrógeno, el BioETBE o el biogás (Grupo Interministerial para la Coordinación del Marco de Acción Nacional de Energías Alternativas, 2016).

3.3. Regulación y objetivos

Diversos organismos e instituciones internacionales han adoptado planes y medidas para lograr objetivos medioambientales que aseguren la prosperidad y el equilibrio de nuestro planeta. Este compromiso fue adquirido por muchos estados tras la firma del Acuerdo Climático de París en 2015, que propugna reducir el incremento de la temperatura global a 1,5 grados Celsius o un máximo de 2 (Naciones Unidas, s.f.). Para ello, se han ido dictando numerosos programas a los que los estados se han adherido a lo largo de la última década. Para conseguir reducir la contaminación en los parámetros esperados se ha tenido que elaborar numerosa legislación en diversos sectores. En concreto, la industria del automóvil, y del transporte en general, se ha visto gravemente afectada por estas medidas en aras de conseguir una transición energética del parque móvil.

A nivel europeo, el 14 de febrero de 2023 se ratificaron las medidas adoptadas en el sector del automóvil por el Parlamento Europeo y el Consejo en relación a la regulación introducida por el programa *Fit For 55* (Objetivo 55), destinado a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea en un 55% para 2030. Los objetivos del *Fit For 55* se vieron incrementados debido a los efectos de la guerra de Ucrania y la consecuente elaboración de un nuevo programa, el *REPowerEU*, para reforzar la independencia energética con Rusia (Comisión Europea, 2022). Cabe añadir que la Unión prepara un plan para lograr ser neutrales climáticamente en 2050, el denominado *European Green Deal* (Comisión Europea, 2021). El paquete de medidas que integra en el *Fit For 55* se establece como objetivo lograr para 2035 que todos los vehículos nuevos sean cero emisiones. Para el año 2030, se establece como meta que se reduzcan las emisiones en un 55% para los automóviles y en un 50% los vehículos comerciales (Parlamento Europeo, 2023).

En aras de ir alcanzando los retos promovidos por estos programas, la Unión Europea ha legislado en consecuencia. En 2020 se propugnó el citado Reglamento de la Unión Europea 2019/631, regulador de los parámetros mínimos de emisiones de dióxido de carbono para aquellos vehículos comercializados en la Unión. Este reglamento persigue, según se indica en el mismo, lograr que la Unión alcance los objetivos fijados por el Acuerdo de París, conseguir una reducción de los costes de los combustibles para beneficiar así a los consumidores y estimular la innovación del sector automovilístico europeo. Además de estos estándares de contaminación, se incluyeron en este reglamento objetivos a cumplir en cuanto a las emisiones máximas que se desean en los años 2025 y 2030 y medidas fiscales para fomentar la venta de vehículos más respetables con el medio ambiente (Comisión Europea, s.f.).

El propio *Fit For 55*, ya mencionado, incluye propuestas para llevar a cabo actos legislativos que promuevan la transición energética en el sector del transporte por carretera en Europa. Los objetivos fijados por el citado reglamento se dividen entre los periodos 2020-2024 y 2025-2030. Para el primer lapso de tiempo se espera que los automóviles produzcan 95 gramos de dióxido de carbono por kilómetro y 147 gramos en vehículos comerciales. Para el comprendido entre 2025 y 2030 se ha marcado el objetivo de una reducción del 15% a principios del periodo y 37,5% en 2030, mientras que en los vehículos comerciales en 2030 se espera que reduzcan un 31% (Comisión Europea, s.f.).

En cuanto a Estados Unidos, el regulador en materia de transporte ligero por carretera es el *NHTSA*, dependiente del Departamento de Transporte de Estados Unidos. Bajo las normas *CAFE* (*Corporate Average Fuel Economy*), el regulador establece los cánones de consumo de los vehículos, adhesivos ambientales, etc. Así, en la última revisión para el periodo 2024-2026 se estableció un promedio de consumo de galón por milla de 49 para toda la industria automotriz, lo que supone que se debe mejorar las eficiencias de consumo en un 8% para los modelos de los dos primeros años del periodo y un 10% para los de 2026 (*NHTSA*, s.f.).

Los países de Asia sudoriental integrados en la *ASEAN* acogieron en el año 2022 un informe del *International Transport Forum*, para la implementación de una guía para la economía del consumo en carretera en la región. En este documento se observa que la intención de reducir en un 26% el consumo de combustible hasta 2025 es una opción

viable para la zona. Las políticas que pretenden aplicar en conjunto los países que la forman se basan en la armonización de legislación, fiscal y promover los vehículos que generen menos contaminación en la hoja de ruta de la asociación para el transporte (International Transport Forum, 2022).

4. ESTRATEGIA DE TESLA VS ESTRATEGIA DE TOYOTA

Una vez abordada la dinámica de las estrategias automovilísticas a lo largo de la historia, la situación actual del mercado de vehículos, el marco de desarrollo de los nuevos combustibles alternativos y los objetivos establecidos por los organismos internacionales, conviene estudiar de forma práctica las diferentes estrategias más exitosas que pueden adoptarse por parte de las marcas de automóviles hacia el futuro. Dada la inevitable transición energética del sector del transporte por carretera, las compañías encargadas de fabricar automóviles se ven obligadas a posicionarse por una o varias de las tecnologías disponibles. Por ello, se tratarán dos de los casos más paradigmáticos. El de Tesla, que se aferra a la electrificación del sector, y el de Toyota, que apuesta por una transformación paulatina dependiendo del avance de la tecnología, apoyándose en el desarrollo del hidrógeno.

4.1. Contexto: estrategias marcadas en la industria automovilística

Actualmente, la industria del automóvil se encuentra en un momento clave de adaptación a la nueva tecnología de combustibles alternativos que se está desarrollando. Junto con la regulación que ya ha se ha tratado en este trabajo, obliga a las marcas a optar por estrategias en cuanto a la sostenibilidad de los productos que van a fabricar en el futuro. Muchas grandes marcas de automóviles ya han establecido la estrategia que van a seguir en los próximos años. Aquí se muestran, de forma resumida, los planes adoptados por las principales empresas del sector (S&P Global Mobility, 2022):

- El consorcio formado por BMW ha optado por integrar automóviles eléctricos en todos los segmentos que dispone y que al menos un 30% de los vehículos producidos en 2025 tengan algún tipo de electrificación. Aseguran que con su nueva estrategia *NEUE KLASSE*, pueden llegar a alcanzar un 50% de su cuota mundial de vehículos totalmente eléctricos (*BEV*) antes del 2030. Para Mini y

Rolls-Royce, parte del grupo, se establece el año 2030 como límite para que toda la flota sea completamente eléctrica (BMW Group, s.f.)

- Por su parte, la estrategia del grupo Volkswagen es conocida como On the Way to ZERO - The General Strategy. Se compromete reducir las emisiones de sus automóviles en el periodo entre 2018 y 2030 en un 40%. En este documento se recoge, además, la intención de la marca de ser neutral en cuanto a emisiones de carbono para el año 2050, de acuerdo con la regulación europea. Para lograr estos objetivos se compromete a realizar una inversión en transición energética y sostenibilidad de 14.000.000.000 de euros sólo hasta 2025. Contribuirá con estos fondos a desarrollar 4 pilares: la electrificación de su gama, la sostenibilidad de la cadena de producción, a utilizar energía renovable en la misma y la reutilización de las baterías usadas (Volkswagen, 2021).
- El conglomerado JLR (Jaguar Land Rover) apuesta por la conversión de la gama de Jaguar a la electrificación total en 2025 y ser, como grupo, neutrales en emisiones de gases de efecto invernadero en 2039. Para ello comenzará en 2024 a vender automóviles Land Rover *BEV*. Contarán con un programa de reciclaje basado en la economía circular para la producción de vehículos (Jaguar Land Rover, s.f.).
- Ford se ha comprometido a destinar un total de 50.000.000.000 dólares hasta 2026, en la electrificación de los vehículos que vaya presentando y los que ya tiene en el mercado, como el exitoso Ford F-150, el *pick-up* más vendido en Estados Unidos. Aseguran ser la única marca americana en ponerse como objetivo cumplir con el escenario de cero emisiones netas en 2050, en el momento de redactar su plan. En materia de inversiones, la compañía ha participado en el desarrollo de otras marcas tecnológicamente más avanzadas como Rivian o Volkswagen (Ford, 2021). La forma en la que Ford ha intentado aprovisionarse de los materiales necesarios para las baterías, problema que será comentado más adelante, es por medio de la adquisición de participaciones en empresas mineras como la de Rio Tinto y la fábrica de baterías CATL (White y Klayman, 2022). La marca espera producir en torno a 2.000.000 de vehículos eléctricos en 2026 y que la venta de los mismos suponga un 50% de su cuota en 2030 (Nair et al, 2022).
- En el caso de Mercedes-Benz, se ha marcado el año 2030 como la fecha en la

que toda su flota la formen vehículos eléctricos. Ya en 2025, los automóviles electrificados deben suponer, al menos, el 50% de sus ventas (Eisenstein, 2021). En esta década, planea invertir 40.000.000.000 euros en la innovación y desarrollo de baterías. Uno de los factores con los que cuenta Mercedes es que, a diferencia del resto de marcas, está planeando crear giga-factorías de producción de baterías propias (Mercedes-Benz Group, 2021).

- El resto de empresas del sector siguen unas estrategias similares, diferenciándose entre ellas en el tiempo de adopción de los planes y objetivos. Aquí se incluyen marcas como GM, Cadillac, Bentley, Jeep, Chrysler, Volvo, Honda, Lexus o Stellantis. Las marcas que para 2050 pretenden cumplir el objetivo de ser neutrales en huella de carbono son: Hyundai, Kia, Honda, Nissan, Mazda, Mitsubishi, Subaru y Toyota, que se estudiará en particular a continuación (S&P Global Mobility, 2022).

4.2. Caso Tesla: la electrificación de la economía

4.2.1. Evolución de la estrategia inicial: Plan Maestro 1 y 2

La compañía Tesla Motors es fundada en 2003 en San Carlos, California, por los ingenieros Martin Eberhard and Marc Tarpenning. En sus comienzos, el proyecto se basaba en la creación de un automóvil de características deportivas completamente eléctrico, el modelo Roadster, debido al éxito que había creado una marca líder estadounidense con un producto de características similares. El cambio trascendental se produce con la entrada de Elon Musk en el accionariado de la compañía con una inversión de 30.000.000 de dólares. Este se coloca en el consejo de administración y desde su posición fuerza a un cambio en la orientación de la empresa, superando el proyecto del deportivo para enfocarla hacia el público general. En el año 2017, la marca pasa a llamarse Tesla (Reed, 2020).

En 2006, Tesla publica una nota de prensa firmada por Elon Musk que se titula "The Secret Tesla Motors Master Plan (just between you and me)" o el plan maestro secreto de Tesla. Este documento es la hoja de ruta que el empresario pretende para la compañía. Más que un simple comunicado, en esta declaración se plasma la estrategia que la

empresa iba a seguir en el futuro. En la primera parte de la carta ya enuncia que el modelo Roadster es un producto temporal, ya que su propósito es crear una gama más amplia de vehículos que sean asequibles para el público común. Musk establece que su inversión en Tesla la hace con el propósito de cambiar una economía basada en combustibles tradicionales hacia una que se apoye en la energía solar por medio de la electricidad. El mismo, reconoce que para él es la "principal fuente de energía del futuro, pero, no exclusiva, solución sostenible" (Musk, 2006).

Por otro lado, explica a lo largo del texto que la transición energética hacia la electrificación de los automóviles será un proceso costoso. Por eso, anuncia que el segundo modelo que fabricarán será el que años más tarde se vendería como Tesla Model S, con un precio de salida establecido en la nota de 89.000 dólares. La estrategia de Tesla se basaba en ofrecer productos con un sobreprecio en los segmentos más altos para conseguir ir rebajando el coste unitario de las unidades, ya que al principio los costes de desarrollar esta tecnología iban a ser mayores hasta que se estandarizasen. Añade también que habrá modelos de menor precio más adelante, ya que todo lo generado por las ventas de los dos primeros iría destinado a la inversión en desarrollo para el resto de la gama, en aras de disminuir los precios de producción (Musk, 2006).

En esta declaración aborda también las críticas que recibe el vehículo eléctrico en cuanto a la contaminación que produce el reciclaje de las baterías y que la electricidad se genere en centrales térmicas. Respondiendo a esto propone revender las mismas baterías a otras empresas para que sean estas quienes les den otro uso y que la electricidad será producida por fuentes renovables, como la solar o la eólica, en vez de por centrales térmicas. Otra de las ideas de la estrategia que anuncia, es la venta de sistemas solares de autoconsumo en colaboración con SolarCity, lo que posibilitaría a los consumidores autoabastecerse de energía para su transporte personal. Según el inversor, un consumidor medio que se desplazara menos de 350 millas por semana sería capaz de beneficiarse del sistema. Además, si se posee el sistema solar, no se generarían emisiones a la atmósfera en la producción de electricidad de carga (Musk, 2006).

Esta es la filosofía que persigue la marca en su fundación y la que hasta día de hoy ha ido cumpliendo tal y como se estableció. En 2016 la compañía publicó la segunda parte de este plan maestro, adaptándolo a las necesidades y tendencias del mercado. Este Plan

Maestro 2 centró sus esfuerzos en el desarrollo de la conducción autónoma, la implementación de sistemas de baterías para cumplimentar el autoconsumo solar en los domicilios que se ha conocido como Tesla Energy, el enfoque en el desarrollo de transporte pesado, como el camión Tesla Semi, para ampliar la transición energética hacia esta parte del sector y, la parte del plan que no ha llegado a materializarse, la implementación del *carsharing* para sus automóviles (Noya, 2016).

4.2.2. Nueva estrategia: introducción al Plan Maestro 3

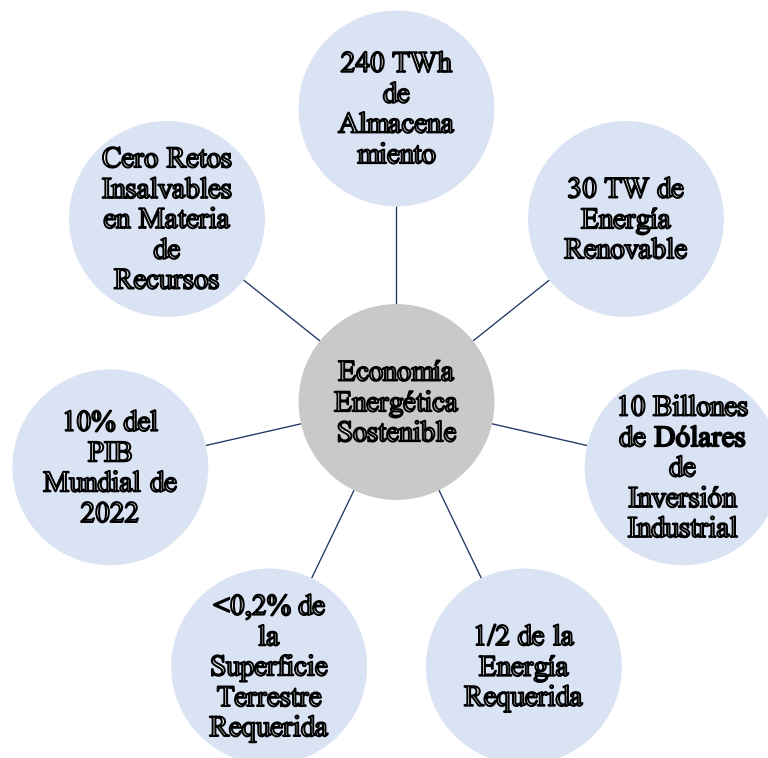
Recientemente, en el día del inversor presentado a principios de marzo de 2023, se desveló la tercera parte de la estrategia de la compañía que implementará en los próximos años. El denominado como *Master Plan 3* ha generado mucha controversia, ya que, en vez de centrarse en el desarrollo de nuevos productos, la adopción de nuevas tendencias o la revisión del plan de negocio de los próximos años, ha enfocado el discurso hacia la transición energética de la sociedad gracias al proyecto de la compañía. De esta forma, en palabras del propio Musk, el objetivo de esta nueva estrategia es “un camino claro hacia una tierra de energía sostenible”. La compañía, que en 2022 fabricó un total de 1.310.000 automóviles, se ha propuesto producir anualmente 20.000.000 de vehículos a partir de 2030 (Kolodny, 2023)

Durante el comienzo de la larga conferencia, los presentadores realzan el problema que supone el mix de las fuentes de energía que hoy componen nuestra economía. Aseguran que más del 80% de la energía usada proviene de combustibles fósiles y que sólo un tercio es energéticamente eficiente (Tesla, 2023). Como solución, proponen la implementación de este plan que incluiría el incremento masivo de la capacidad de almacenamiento de energía, entre baterías estacionarias y de vehículos, hasta alcanzar los 240 teravatios por hora de capacidad en todo el mundo. El almacenaje estacionario en baterías se basa en el uso de celdas de baterías conectadas a una corriente en un sitio fijo para acumular la energía y poder utilizarla en otro momento, además de poder asegurar el suministro (DataGlobal, 2020).

Este programa de desarrollo tecnológico implica que para lograr descarbonizar la economía será necesario realizar una inversión de 10.000.000.000.000 de dólares, aunque los directivos de Tesla aseguran que con 6.000.000.000.000 sería suficiente según sus

últimas estimaciones. Esta inversión en capital iría destinada a los sectores de la minería, plantas de producción de baterías y de reciclaje de las mismas, etc. Para ello necesitarían el 0,2% de la superficie terrestre para la instalación de parques solares y eólicos *on-shore* y aprovechar la posibilidad de hacerlo *off-shore*, lo que significaría que el espacio requerido podría ser menor (Tesla, 2023).

Ilustración 1: Fundamento del Plan Maestro 3



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Tesla, 2023

Ambos, inciden en que una economía electrificada necesitaría menos recursos naturales obtenidos a través de la minería que la actual. Este punto es fundamental y así será tratado en el apartado sobre la viabilidad de esta estrategia, puesto que es uno de los principales argumentos que defienden los opositores a la electrificación, es que no hay suficientes recursos necesarios para producir estos vehículos o que, llegado el punto, no sería rentable extraerlos (Tesla, 2023).

4.2.3. Implementación del Plan Maestro 3

Los cinco pilares fundamentales sobre los que se asienta este plan para disminuir el consumo de combustibles fósiles son: proporcionar energía renovable a la red de recarga eléctrica, sustituir el actual parque móvil impulsado por hidrocarburos por vehículos eléctricos, fomentar la instalación de bombas de calor en los hogares como sistema energético en vez del uso tradicional del gas natural, electrificar los sistemas de energía de alta temperaturas para los procesos químicos e industriales e implementar el uso del hidrógeno verde y, por último, transformar las flotas navales y aéreas en formas de transporte más sostenibles (Tesla, 2023).

Ilustración 2: Plan para eliminar el consumo de combustibles fósiles



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Tesla, 2023

A continuación, se expondrá el desarrollo de los principales puntos mencionados de esta estrategia (Tesla, 2023):

- (i) Penetración de energía renovable en la red: con ello, se conseguiría una reducción del consumo de combustibles fósiles del 35%, en el caso que sea total. Según los ponentes, es un hecho asentado en el sector de transporte estadounidense, por ejemplo, donde ya en 2022 la penetración de la energía solar en la red en dicho país supuso un 60% del mix energético, lo que a su vez implica un aumento del 50% con respecto al año anterior. El plan promueve la creación anual de 24 teravatios por hora de almacenaje en baterías junto con la producción de 10 teravatios de origen solar y eólica. Esta parte del programa conllevaría una inversión de 800.000.000.000 de dólares.
- (ii) Impulso de los vehículos eléctricos: en el caso de sustituir todos los vehículos

propulsados por hidrocarburos por automóviles eléctricos, el consumo global de los mismos se reduciría hasta en un 21%, según las estimaciones de la compañía. Tesla defiende que el crecimiento de hasta un 51% respecto a los últimos años indica una clara tendencia hacia la electrificación del transporte. La inversión requerida para esta conversión, objeto de este trabajo, es estimada en 7.000.000.000.000 de dólares, necesitando cada año la instalación de 4 teravatios de producción renovable y una capacidad de almacenaje de electricidad de baterías de vehículos y aquellas *in situ* de 115 teravatios por hora. Sin embargo, si se cumplieran las expectativas de los dirigentes de la marca de promover la conducción autónoma y el *carsharing*, la necesidad de baterías se disminuiría considerablemente.

Tesla espera producir alrededor de 20.000.000 de vehículos al año, lo que implicaría superar al mayor productor del mundo, Toyota. La propia compañía reconoce que, como se ha mencionado anteriormente, si se logra afianzar la conducción autónoma, no será necesario producir más vehículos en exceso. Por ello, de los aproximadamente 2.000.000.000 total de vehículos que estiman que están en operación hoy en día, esperan que en el futuro esta cifra se reduzca a 1.400.000.000.

- (iii) Transición hacia bombas de calor: Tesla asegura que ahora mismo no están planteándose crear estos sistemas de calor para hogares y empresas, pero según asegura Elon Musk, en un futuro puede que fabriquen este producto para los hogares. El mayor beneficio que presentan es que estos sistemas son hasta 3 veces más eficientes que la calefacción por gas, al convertir el propio aire exterior en calor distribuible al resto del edificio. Con la implementación de esta idea se podría llegar a reducir el consumo de hidrocarburos en hasta un 22%, creando anualmente un almacenaje de 6 teravatios-hora y generando 5 teravatios de energía renovable, con una inversión de 300.000.000.000 de dólares.
- (iv) Electrificación de procesos de alta temperatura: proponen almacenar la energía renovable generado en los picos más altos de producción, dependiendo de las horas solares o cadencia del viento, para transferirla a los

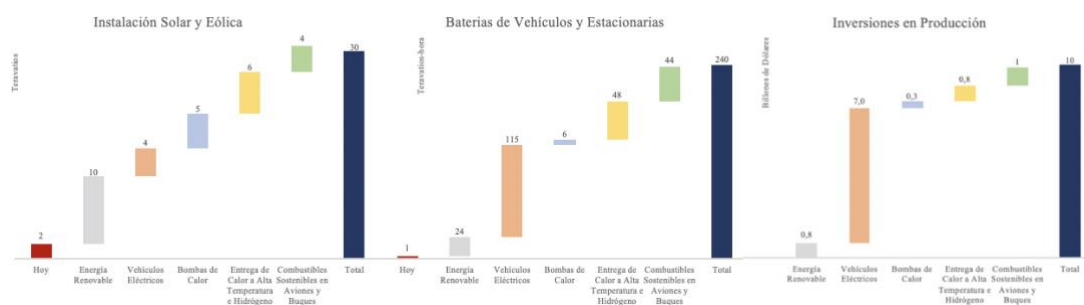
altos hornos que se utilizan en los procesos industriales a lo largo del día.

En el caso del hidrógeno, el motivo principal de su uso es que en muchas otras técnicas industriales se utiliza el carbón, que puede ser reemplazado por el hidrógeno renovable. La fuente de hidrógeno ayudará a reducir el consumo de electricidad utilizando el primero como vector energético en maquinaria como los hornos de hierro. La opinión personal de Elon Musk al respecto es que, aunque ve necesario su uso para los procesos industriales mencionados, en el caso del transporte no tendría cabida. Para él, en todo caso, debería utilizarse el metano en su vertiente renovable, gas cuyas principales características ya ha sido expuestas anteriormente en este trabajo.

Bajo estas dos premisas, el consumo de hidrocarburos se vería reducido en un 17%, creando año a año, 48 teravatios por hora de almacenamiento y generando 6 teravatios de energía solar y eólica. Para el caso de la electrificación de hornos, la inversión necesaria sería de 800.000.000.000 de dólares mientras que la hidrogenización costaría alrededor de 1.000.000.0000.000.

- (v) Uso de combustibles alternativos en las flotas aéreas y navales: el principal problema que presenta la electrificación de estos sectores es que la tecnología disponible hoy en día no es suficiente para asegurar la capacidad de viajar largas distancias. Esto supone un grave hándicap para la implementación de esta medida, en cuanto la mayor parte de la aviación y comercio naval está en manos de empresas que buscan obtener un beneficio y costes bajos. La solución a este problema sería cambiar por completo las estructuras que forman los barcos y aviones para adaptarlas a este nuevo sistema de propulsión. Si se llevase a cabo esta reestructuración del sector, las medidas podrían reducir un 5% el consumo de los combustibles utilizados por estos medios de transporte, con la creación de 44 teravatios por hora de baterías para estos vehículos y almacenamiento, además de 4 teravatios de energía renovable, invirtiendo 800.000.000.000 de dólares.

Gráfico 4: Inversión y desarrollo necesario



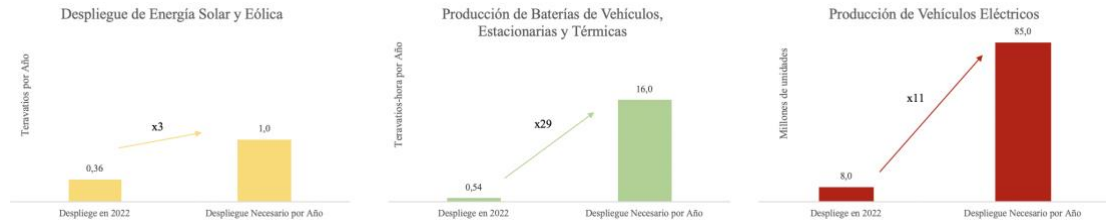
Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Tesla, 2023

Además de la transición energética explicada, la marca también anunció medidas que ya son parte de la propia estrategia de la marca. La más importante es que en el próximo vehículo que fabriquen van a conseguir reducir los costes de producción hasta en un 50%. Esto se debe a un nuevo sistema de montaje en la que el bastidor está integrado en la propia estructura del coche, lo que permite el ahorro de material. Otra de las acciones anunciadas en la presentación fue la de la construcción de una gigafactoría en México, que servirá de apoyo a la de Austin, Texas, que actualmente es su motor de producción principal (Shakir, 2023). Además, la compañía ha iniciado un programa para ir reduciendo paulatinamente la cantidad de controladores que utiliza en la cadena de montaje y software para ahorrar aún más costes (Blanco, 2023).

4.2.4. Viabilidad

Según los responsables de la marca, el plan es completamente viable, y para ello incorporan un gráfico con el crecimiento necesario en cada estadio para lograr estos objetivos. Sin embargo, esta estrategia de descarbonización de la economía, desde un punto de vista general, carece de plazos. Únicamente se han propuesto para 2030 alcanzar 20.000.000 de producción de automóviles al año (Tesla, 2023). El resto del plan depende de los avances en la tecnología disponible y, sobre todo, la inversión. Si se alcanzan las cuotas de producción requeridas, en 2050, la economía podría ser sostenible en su totalidad bajo los parámetros de este programa.

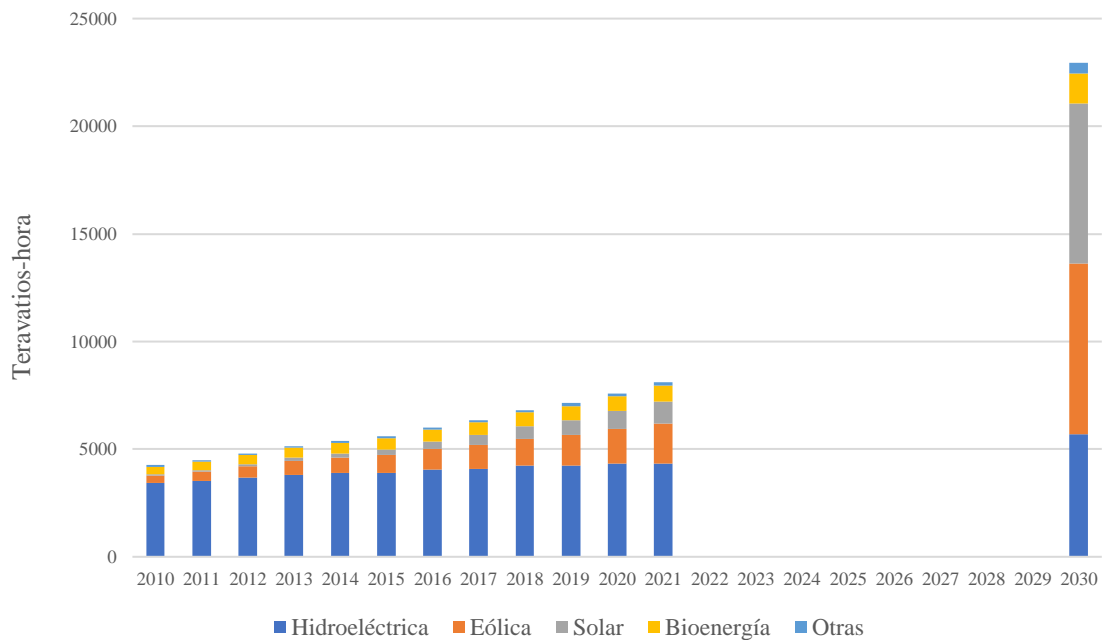
Gráfico 5: Crecimiento necesario de la capacidad de producción por segmento en 2030 para ser 100% sostenibles en 2050



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Tesla, 2023

Por tanto, según se observa en el gráfico precedente, sería necesario triplicar la generación renovable de energía solar y eólica que se desarrolló en el año 2022. De acuerdo con los últimos informes al respecto, la generación solar es la que más está avanzando en los últimos años, seguida de la eólica. Para organizaciones como IEA (International Energy Association), el crecimiento que ha experimentado la energía solar no representa ni un tercio de lo que puede llegar a crecer en el periodo 2022-2030. Esta estimación sostendría las predicciones realizadas por Tesla en este sentido. En el gráfico siguiente, se observa un crecimiento de la energía solar hasta los 1.002,9 teravatios-hora de generación de 2021 hasta los 7.413,9 de 2030, ocurriendo algo similar con la eólica.

Gráfico 6: Generación de las energías renovables por tecnología para alcanzar el escenario *Net Zero* (2010-2030)



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de IEA, 2022

Por otro lado, los objetivos de crecimiento de la capacidad de almacenamiento se pueden considerar como demasiado optimistas. Los ponentes defienden que se puede llegar a incrementar la capacidad de almacenamiento hasta en 29 veces asegurando que desde 2016 su crecimiento anual compuesto en este sector ha sido de un 65% y que todo se acelerará con los avances que se produzcan en su momento (Tesla, 2023). Varios autores han criticado acusadamente esta parte del plan, ya que con su *Master Plan 2* esperaban vender sistemas de autoconsumo para hogares y apenas se ha conseguido. Por tanto, no ven a esta rama del negocio, Tesla Energy, tomando el liderazgo mundial en producción de baterías (Sullivan, 2023).

Una de las mayores críticas que el vehículo eléctrico y la electrificación en general reciben es que no hay suficientes recursos naturales para hacer frente a este proceso de transformación de la economía. Ante esto, la compañía se defiende afirmando que del total de recursos disponibles de forma acumulada hasta 2050, de los materiales más

importantes para la construcción de las baterías como son el níquel o el litio, necesitarían menos del 30% de los recursos. Para reforzar este argumento, señalan que históricamente cuando se ha necesitado un recurso limitado, el hombre ha ido encontrando más localizaciones donde obtenerlo, por lo que no debería suponer un problema (Tesla, 2023).

4.3. Caso Toyota: la hidrogeneización

4.3.1. Evolución y estrategia

Toyota ha sido siempre una marca pionera en cuanto a innovación se refiere. El propio origen de su filosofía se basa en la expresión japonesa “*Genchi Genbutsu*”, cuyo significado literal es “ir a la fuente, observar y entender”. Esta estrategia inherente a su fundador Kiichiro Toyoda sigue implantada hoy en día en la propia compañía. Fue en 1933 cuando funda, como parte del negocio familiar de su padre, Toyoda Automatic Loom Works, una rama destinada a la producción de vehículos, que con el tiempo cambiaría su nombre a Toyota Motor Company (Motorpasión, 2017).

Fue en 2020, cuando Toyota se convirtió en el primer fabricante mundial, vendiendo un total de 9.500.000 vehículos, superando a todos sus competidores. Además, en 2021 la cuota de mercado lo posicionó otro año más como la primera marca de automóviles del mundo, con un 12,6% (Cascade, 2022). Durante 2022, la electrificación de su gama vendida en todo el mundo representó el 28% de las ventas totales (Toyota, 2023). La estrategia seguida por Toyota a lo largo de su historia se caracteriza por estar a la vanguardia de la innovación, con fábricas tecnológicamente avanzadas y un producto de calidad, fiable y accesible en todas las partes del mundo (Cascade, 2022).

En el año 2015 publicó su estrategia en relación a la sostenibilidad. El plan, conocido como Toyota Environmental Challenge 2050, se centra en aspectos como el cambio climático y el recurso del agua entre otros. Los pilares o puntos sobre los que este programa se asienta son la descarbonización, el agua, los recursos utilizados y la biodiversidad. Como objetivos, la marca se propone reducir en hasta un 90% las emisiones de dióxido de carbono de sus vehículos nuevos vendidos, así como el 100% de las fases de producción y operaciones, el ciclo de vida de los vehículos, promoviendo la

economía circular y la protección de la biodiversidad (Toyota, s.f.).

Según los últimos informes de la compañía, han sido vendidas un total de 20.000.000 de unidades de vehículos eléctricos, lo que supone una reducción de emisiones de dióxido de carbono de 160.000.000 de toneladas. Ya en 2021 se propuso lanzar al mercado 30 modelos de vehículos eléctricos puros, alcanzando una cifra de ventas de este tipo de automóviles de 3.500.000 en 2030, lo que supone un 35% de las ventas esperadas para ese año. En Europa, Norte América y China solo recibirán coches eléctricos a partir de ese año (Toyota, 2023).

El aspecto más relevante y diferenciador de esta marca es, que a diferencia de muchas otras y aunque apuesta firmemente por la electrificación de sus productos, abre la posibilidad de seguir desarrollando el hidrógeno como alternativa viable. El Toyota Mirai, lanzado en 2014, es uno de los pocos vehículos de pila de hidrógeno que hoy en día se comercializan. Según la marca, una segunda generación de este modelo está en camino. El propósito de Toyota es ser una de las empresas que suministren este tipo de tecnologías, por lo que su apuesta está clara. Otro de los productos desvelados recientemente en América es un camión propulsado con este sistema y la creación de una compañía dedicada a suministrar sistemas de pila de combustible para soluciones navales, *Energy Observer Deployment* (Toyota, 2023).

Otro de los usos que la compañía quiere dar a este producto químico es como mezcla para los biocarburantes. Según la marca, los biocombustibles que han utilizado como fuente de energía el hidrógeno renovable en su proceso de transformación pueden ser utilizados en motores altamente optimizados para contribuir a la reducción de emisiones que se emite a la atmósfera. El mix obtenido entre la gasolina y los biocarburantes a partir de hidrógeno pueden igualar las emisiones en un coche híbrido a uno completamente eléctrico, dado que el uso de los materiales como el litio, que es difícilmente reciclable, es menor en los primeros (Toyota, 2023).

El nuevo horizonte que la marca quiere explotar y exportar al resto del mundo es el motor de combustión de hidrógeno. Esto supone una auténtica revolución debido a que, aunque en el pasado otras marcas como BMW hayan experimentado con esta tecnología, ninguna otra marca se había planteado esta solución para el público general. Derivado de su

experiencia con estos motores en las carreras, de la mano de una de sus compañías subsidiarias, Gazoo Racing, Toyota está desarrollando nuevos vehículos de pasajeros para lanzarlos al mercado en el futuro cercano. Este es el caso del Toyota Corolla Cross Hydrogen, que se encuentra en un 40% del progreso necesario para ser comercializado (Díaz, 2022).

4.3.2. Viabilidad

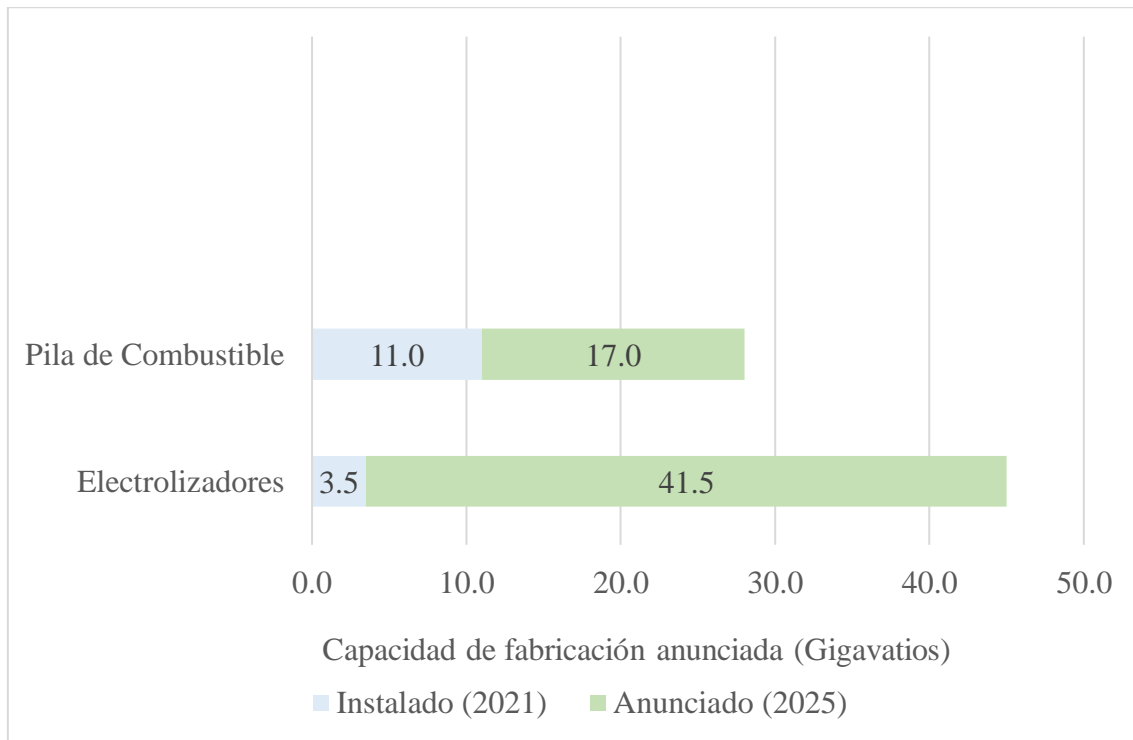
Según fuentes de la marca, el hidrógeno como opción viable para el futuro de la automoción y la descarbonización ofrece numerosas ventajas. En primer lugar, se puede generar infinitamente, dependiendo de la energía disponible, por ser uno de los elementos más abundantes de nuestro universo y con la mayor densidad energética de las fuentes renovables. Su uso es sencillo, seguro y puede ser utilizado para numerosas aplicaciones, según los propios redactores de la empresa. Otro de los factores que motivan su implementación es la posibilidad de producirlo a partir de los desechos de la generación renovable y aquellos procesos industriales no contaminantes (Clifford, 2018).

En cuanto a la viabilidad del vehículo propulsado por hidrógeno en sí, la marca asegura que puede ser una de las herramientas para la reducción de los combustibles fósiles, aunque no la única. Para asegurar la presencia de este vector en el futuro de la economía de la sostenibilidad la compañía está haciendo las inversiones pertinentes para que cuando llegue su momento pueda ser desplegado con eficacia. Aquí, se reconoce que el corto y medio plazo está en manos de la hibridación, mientras que a largo plazo dominarán los vehículos totalmente eléctricos y llegado el punto, se alternarán con aquellos de hidrógeno renovable (Clifford, 2018). Según los últimos informes disponibles, se han reconocido 60.000.000.000 de dólares de inversiones anunciadas para la hidrogeneización de la movilidad hasta 2030 (Hydrogen Council y McKinsey & Company, 2022).

En cuanto a la capacidad de generación de hidrógeno por parte de los suministradores de los sistemas necesarios para llevar a cabo la transición energética hacia este vector, los electrolizadores, si se cumplen las prospectivas de regulación e inversiones anunciadas, se podría lograr hasta 45 gigavatios de esta energía anualmente para el año 2025. En cuanto a la capacidad proporcionada por las pilas de combustible de hidrógeno, para ese

año puede haber 11 gigavatios anuales instalados en el mundo (Hydrogen Council y McKinsey & Company, 2022).

Gráfico 7: Capacidad mundial de fabricación de pilas de combustible y electrolizadores en 2025



Fuente: Hydrogen Council y McKinsey & Company, 2022

Los factores determinantes que se contraponen a la viabilidad de este vector energético son la falta de infraestructura, necesaria para que sea accesible a los consumidores, y la poca eficiencia que entraña su proceso de generación. En cuanto al primer problema, hay gobiernos, como el japonés, que se ha propuesto que en 2030 haya 800.000 vehículos de este tipo circulando en ese país o el gobierno chino que en 2035 espera que superen 1.000.000. En estos países se puede dar esta transición, pero aquellas economías que no fomenten su uso verán como esta posibilidad se les escapa. Esto implicaría una inversión en infraestructura que erradicaría el problema del huevo o la gallina, como afirman algunos autores. La lógica que sigue este dilema es que, sin una base de consumidores de estos vehículos, no se invertirá en infraestructura, lo cual es un problema circular, como el que enfrentó el vehículo eléctrico en sus inicios. El otro inconveniente, sobre la

eficiencia energética, depende del avance de la ciencia en la conversión de energía para realizar los procesos de transformación de forma más eficiente, ya que, hoy en día, las pérdidas de energía en dicho proceso son cuantiosas. La inversión en desarrollo es fundamental para solucionar este segundo problema (Herbert, 2022).

5. CONCLUSIONES

El nuevo entorno mundial en la industria automovilística está claramente marcado por la transición energética que tanto instituciones como empresas y consumidores promueven cada vez con más ímpetu. El mercado que los grandes grupos de la automoción dominan va a experimentar, y ya lo está haciendo, una auténtica revolución tecnológica sin parangón histórico. Se puede afirmar que lo que hasta hoy era una industria dominada por los viejos fabricantes se va a transformar en una carrera por la innovación, en la que la adaptación al cambio supondrá la supervivencia o desaparición de los gigantes industriales.

Desde hace más de 100 años el petróleo es el motor de la economía mundial y en concreto del transporte por carretera. Como consecuencia de las medidas adoptadas por los gobiernos y organismos internacionales para alcanzar la neutralidad climática en 2050 resulta imprescindible el abandono de los hidrocarburos para alcanzar las metas fijadas. Las economías occidentales y gran parte del continente asiático, transformarán su mix de energético actual, basado mayoritariamente en carbón, gas natural y petróleo, hacia uno en el que predomine las fuentes de energía renovables.

Por un lado, el futuro de la automoción está claramente marcado por la conducción autónoma de los vehículos, la digitalización y conectividad. Son estos aspectos los que diferenciarán a las diferentes compañías, una vez alcanzado un alto grado de la técnica y prestaciones. Otro de los aspectos fundamentales que afrontarán las marcas en los próximos años será alcanzar la sostenibilidad del ciclo de vida y cadena de producción de sus vehículos.

Ante esta situación, las empresas del sector deberán adoptar con velocidad una nueva estrategia para cumplir con la regulación aplicable y satisfacer las expectativas de los consumidores. El aspecto definitorio de su elección será por qué tecnología apuesten. En este sentido, el abanico de posibilidades que parecen en primera instancia más viables son: la electrificación de su gama, la hidrogeneización o la adaptación según los avances científicos de la industria. Sin embargo, todas coinciden en los objetivos de reducción de emisiones de dióxido de carbono y otros gases contaminantes. Como propósito para las próximas dos décadas se han comprometido a neutralizar los gases de efecto invernadero.

Actualmente, la gran mayoría de las marcas comercializan productos propulsados por hidrocarburos, con o sin hibridación ligera, lanzando paulatinamente eléctricos enchufables y desarrollando las plataformas en las que basaran sus eléctricos puros.

La prioridad actual es la electrificación del parque móvil mundial. En torno a esta idea se ha formado la creencia de que, hoy en día, esta es la única opción plausible. El compromiso adquirido por los actores intervinientes en este mercado, ha movilizado toda la inversión hacia el desarrollo de esta tecnología. Sin embargo, en opinión del autor de este trabajo, un problema que no se han planteado las partes implicadas, es que la infraestructura de recarga de los vehículos eléctricos quizá no sea capaz de abastecer a todo el parque móvil. En muchas ocasiones, los vehículos que circulan por grandes ciudades, sobre todo en Europa, donde hay una gran densidad de población y concentración de edificaciones, no disponen de un espacio fijo en el que cargar de forma habitual sus baterías. La industria confía para solucionar este en el desarrollo de soluciones inteligentes, como la ingeniería recientemente por la alemana Rheinmetall, de puntos de acceso en aceras públicas.

Parece claro que en el corto y medio plazo convivirán los vehículos de combustión interna con ayuda de baterías con aquellos híbridos enchufables y los propulsados únicamente por baterías. Estrategias como las de Tesla o las incipientes compañías chinas confirman la viabilidad de esta idea. Por el contrario, en el largo plazo, el horizonte aparece más difuso. Todo dependerá de si se opta por abolir completamente el consumo de combustibles contaminantes, la velocidad con la que se desarrolle tecnologías como el hidrógeno o los biocombustibles y la infraestructura necesaria.

Si en algún momento los sistemas basados en hidrógeno verde o combustibles biodegradables de origen renovable llegasen a ser una opción competitiva y accesible a los consumidores, las marcas tendrían que volver a adaptar su estrategia hasta estas fuentes. Aquellas compañías que se encuentren mejor posicionadas para ello podrían adquirir una cuota de mercado considerable, aquella abandonada por todas las marcas enfocadas hacia la propulsión por baterías. Por ello, Toyota y otras empresas de la automoción ya han tomado partida. A la vez que electrifican sus vehículos nuevos, investigan e invierten en estas ciencias. Ello puede conllevar el éxito de su proyecto que no se contrapone a la tendencia actual, sino que la completa.

Las estrategias exitosas de las marcas automovilísticas en el nuevo entorno mundial dependerán en gran parte de la elección sobre la tecnología que apuesten hoy para el futuro. Este aspecto clave determinará su capacidad de adaptación en un entorno cambiante e incierto. Lo que parece seguro es que el abandono de los combustibles tradicionales es inminente e inevitable. Se avecina una transición energética hacia distintas fuentes renovables en la que, aunque pueda dominar la electricidad, el hidrógeno y los combustibles renovables parece que jugarán un papel fundamental de la economía. Lo más prudente será esperar que las marcas automovilísticas ofrezcan un rango de productos con diferentes sistemas de propulsión dependiendo de la fuente de energía, en los que el consumidor, tendrá que elegir dependiendo de su situación particular.

6. LIMITACIONES

Las limitaciones más relevantes encontradas para la correcta elaboración de este trabajo son fundamentalmente tres:

El estado de la ciencia está en constante progreso. Ello implica que haya muchas marcas que, aunque han decidido qué inversiones o qué proyectos van a perseguir en el corto-medio plazo, todavía se mantienen a la espera de conocer que caminos van a tomar tanto la tecnología, como la infraestructura disponible para el público consumidor. Es decir, se mantienen a la espera de nuevos resultados que arrojen un futuro más predecible, en vez de apostar por una fuente de energía concreta. Entre tanto, estas marcas mantienen su gama de vehículos, adaptándola a los requerimientos legislativos de cada mercado e incluso llegando a asumir sanciones económicas de los organismos encargados de la regulación para así no invertir en aquello que es probable que en un futuro quede desfasado o no sea igual de competitivo. Como resultado, la información que revela las diferentes estrategias de las marcas es muy limitada ya que la fuente de información más relevante a efectos corporativos serían las propias cuentas anuales, en las cuales, si establecen promesas de inversión, quedarán obligados a seguir estrictamente lo estipulado, no pudiendo reaccionar adecuadamente a la innovación que se desarrolle.

Relacionado con este punto, en el estudio de las estrategias de las marcas más importantes del sector, resulta difícil conocer si entre los objetivos marcados se incluye la producción de vehículos propulsados a partir de la pila de hidrógeno. Esto se debe a que, para ciertos autores, al ser el motor eléctrico, pueden incluirse dentro de la misma categoría. Sin embargo, la diferenciación es fundamental, ya que sin conocer el alcance que tendrá en el futuro y la competencia que puede hacerles a los vehículos estrictamente eléctricos, no podemos predecir que tendencia va a experimentar el desarrollo de la infraestructura para la recarga de hidrógeno. Esto es, en cierta manera, una paradoja ya que, sin la infraestructura adecuada, la inversión en la innovación para abaratar los costes de recarga, los sistemas y los materiales necesarios para este tipo de vehículos no se producirá y por tanto no será una alternativa viable.

El otro punto negativo es que, aunque los objetivos institucionales de las organizaciones supranacionales y los Estados, y la regulación ya publicada, puede servir de base para

intuir que propósitos deben llegar a cumplir las empresas del sector del automóvil, en muchas ocasiones no es definitiva. Es decir, aunque haya unos objetivos establecidos, la consecución de los mismos dependerá en gran parte del compromiso que adquieran los Estados en el largo plazo y que la masa de consumidores entienda que el cumplimiento de los mismos debe estar por encima de su libertad de opción en cuanto a vehículos se refiere. Un ejemplo de ello es que, dados los acontecimientos de este último año, como la gran inflación y la guerra entre Rusia y Ucrania, el mercado energético ha sufrido una gran alza en los precios y esto ha sido uno de los motivos por los que recientemente Alemania haya bloqueado la obligación de dejar de fabricar vehículos propulsados por derivados del petróleo a partir de 2035. Este tipo de acontecimientos en los que el país deba preponderar su economía, su seguridad energética o su competitividad a la sostenibilidad hace que el análisis pueda ser cambiante.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Amadoz, S. (2022). Coches de hidrógeno: ventajas y desventajas frente a los eléctricos. *ELMOTOR*. Recuperado de <https://motor.elpais.com/coches-electricos/coches-de-hidrogeno-ventajas-y-desventajas-frente-a-los-electricos/> [última consulta 08/01/2023].
- ANFAC (2022). Informe Anual 2021. Recuperado en https://anfac.com/wp-content/uploads/2022/07/01_informe_anual_2021_11_7_22_programado.pdf [última consulta 20/12/2023].
- Baltic, T., Hensley, R. y Salazar, J. (2019). Ridesharing and the great urban shift. En “The future of mobility is at our doorstep”. *McKinsey & Company*. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Automotive%20and%20Assembly/Our%20Insights/The%20future%20of%20mobility%20is%20at%20Our%20doorstep/The-future-of-mobility-is-at-our-doorstep.pdf> [última consulta 17/01/2023].
- BBVA (2021). ¿Puede un coche con una pila de hidrógeno cambiar el futuro de la movilidad sostenible? *BBVA Noticias*. Recuperado de https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/puede-un-coche-con-una-pila-de-hidrogeno-cambiar-el-futuro-de-la-movilidad-sostenible/?_gl=1*b2d2d5*_ga*MTMwNDE0LjE2NDY4MTgyMzI.*_ga_915V905T16*MTY3OTg2NzA4NS4zMC4xLjE2Nzk4NjcxNjguNTMuMC4w [última consulta 26/02/2023].
- Bertoncello, M., Camplone, G. y Husain, A. (2019). Connectivity: Turbocharging the new mobility ecosystem. En “The future of mobility is at our doorstep”. *McKinsey & Company*. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Automotive%20and%20Assembly/Our%20Insights/The%20future%20of%20mobility%20is%20at%20Our%20doorstep/The-future-of-mobility-is-at-our-doorstep.pdf> [última consulta 15/01/2023].
- Blanco, S. (2023). Tesla Unveils Third “Master Plan” Reaching for Sustainable Energy Economy. *Car and Driver*. Recuperado de <https://www.caranddriver.com/news/a43150206/tesla-investor-day-master-plan/> [última consulta 06/03/2023].
- BMW Group (s.f.). Electromobility. Recuperado de

- <https://www.bmwgroup.com/en/sustainability/our-focus/electromobility.html>
[última consulta 15/02/2023].
- BP (2023). bp Energy Outlook 2023 edition. Recuperado de <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2023.pdf> [última consulta 02/03/2023].
- Breuer, J.L., Scholten, J., Koj, J.C., Schorn, F., Fiebrandt, M., Samsun, R.C., Albus, R., Görner, K., Stolten, D. y Peters, R. (2022). An Overview of Promising Alternative Fuels for Road, Rail, Air, and Inland Waterway Transport in Germany. *Energies*. Recuperado de <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/4/1443> [última consulta 21/01/2023].
- C.C.O.O. (2018). Situación y perspectivas en el sector del automóvil: medidas ambientales, digitalización y automatización de la industria. Recuperado de <https://industria.ccoo.es/9ddeee3ef0745110d18ae92f9a4bc706000060.pdf> [última consulta 07/12/2022].
- Cascade (2023). How Toyota Went From Humble Beginnings To Automotive Giant. *Strategy Factory by Cascade*. Recuperado de <https://www.cascade.app/strategy-factory/studies/how-toyota-went-from-humble-beginnings-to-automotive-giant> [última consulta 09/03/2023].
- Centro Nacional del Hidrógeno (s.f.). Vehículo de Hidrógeno. Funcionamiento. Recuperado de <https://auto.cnh2.es/funcionamiento-vehiculo-hidrogeno/> [última consulta 27/01/2023].
- Clifford, J. (2018). Are hydrogen-powered cars viable? Toyota's view. *Toyota UK Magazine*. Recuperado de <https://mag.toyota.co.uk/why-does-toyota-make-hydrogen-cars/> [última consulta 14/03/2023].
- Comisión Europea (2021). European Green Deal. Delivering on our targets. *Publications Office of the European Union*. Recuperado en <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/762414e8-ee81-11eb-a71c-01aa75ed71a1/language-en> [última consulta 04/02/2023].
- Comisión Europea (2022). REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition. Recuperado de https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3131 [última consulta 04/02/2023].
- Comisión Europea (s.f.). CO₂ emission performance standards for cars and vans.

- Recuperado de <https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/co2-emission-performance-standards-cars-and-vans> en [última consulta 08/02/2023].
- DataGlobal (2020). ¿Sabes qué es una batería estacionaria y cómo funciona? Recuperado de <https://dataglobal.com.ar/sabes-qu-es-una-bateria-estacionaria-y-como-funciona/> [última consulta 04/03/2023].
- Díaz, B. (2022). Toyota Corolla Cross Hydrogen: La apuesta por el hidrógeno más firme. *Car and Driver*. Recuperado de <https://www.caranddriver.com/es/coches/novedades/a42238209/toyota-corolla-cross-hydrogen-concept/> [última consulta 10/03/2023].
- Eckermann, E. (2001). World History of the Automobile. Society of Automotive Engineers, Inc. Págs. 1-25.
- Eisenstein P.A. (2021). Mercedes-Benz Goes All-Electric By 2030. *Forbes WHEELS*. Recuperado de <https://www.forbes.com/wheels/news/mercedes-benz-all-electric-2030/> [última consulta 26/02/2023].
- Ford (2021). The Ford Electric Vehicle Strategy: what you need to know. *Ford Media Center*. Recuperado de <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2021/05/19/the-ford-electric-vehicle-strategy--what-you-need-to-know.html> [última consulta 20/02/2023].
- Grupo Interministerial para la Coordinación del Marco de Acción Nacional de Energías Alternativas (2016). Marco de Energías Alternativas en el Transporte: Desarrollo del Mercado de Implantación de la Infraestructura de Suministro. *Gobierno de España*. Recuperado de <https://industria.gob.es/es-ES/Servicios/Documents/marco-energias-alternativas.pdf> [última consulta 01/02/2023].
- Hedges&Company (2023). How many cars are there in the world in 2023? Automotive Market Research. Recuperado de <https://hedgescompany.com/blog/2021/06/how-many-cars-are-there-in-the-world/> [última consulta 22/03/2023].
- Heid, B., Linder, M. y Wilthner, M. (2019). Hydrogen cars or battery electric vehicles – why no both? En “The future of mobility is at our doorstep”. *McKinsey & Company*. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Automotive%20and%20Assembly/Our%20Insights/The%20future%20of%20mobility%20is%20at%2>

[Our%20doorstep/The-future-of-mobility-is-at-our-doorstep.pdf](#) [última consulta 16/01/2023].

Heid, B., Martens, B. y Wilthaner, M. (2022). Unlocking hydrogen's power for long-haul freight transport. *McKinsey & Company*. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/global-infrastructure-initiative/voices/unlocking-hydrogens-power-for-long-haul-freight-transport> [última consulta 17/01/2023].

Heineke, K. y Kampshoff, P. (2019). Mobility's autonomous future. En "The future of mobility is at our doorstep". *McKinsey & Company*. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Automotive%20and%20Assembly/Our%20Insights/The%20future%20of%20mobility%20is%20at%20Our%20doorstep/The-future-of-mobility-is-at-our-doorstep.pdf> [última consulta 13/01/2023].

Herbert, G. (2022). At a fork in the road: Do hydrogen cars offer a better future than electric vehicles? *euronews.next*. Recuperado de <https://www.euronews.com/next/2022/10/08/at-a-fork-in-the-road-do-hydrogen-cars-offer-a-better-future-than-electric> [última consulta 17/03/2023].

Hertzke, P., Linder, M. y Sahdev, S. (2019). Bending the cost curve for electric vehicles. En "The future of mobility is at our doorstep". *McKinsey & Company*. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Automotive%20and%20Assembly/Our%20Insights/The%20future%20of%20mobility%20is%20at%20Our%20doorstep/The-future-of-mobility-is-at-our-doorstep.pdf> [última consulta 15/01/2023].

Hydrogen Council y McKinsey & Company (2022). Hydrogen Insights 2022. An updated perspective on hydrogen market development and actions required to unlock hydrogen at scale. *Hydrogen Council*. Recuperado de <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2022/09/Hydrogen-Insights-2022-2.pdf> [última consulta 15/03/2023].

Iberdrola (2021). Green hydrogen: an alternative that reduces emissions and cares for our planet. Recuperado de <https://www.iberdrola.com/sustainability/green-hydrogen> [última consulta 28/01/2023].

ICEX (2022). Automoción. Recuperado de <https://www.investinspain.org/es/sectores/automocion-movilidad> [última

- [consulta 17/12/2022](#)].
- IDAE (s.f.) Biocarburantes. *Gobierno de España*. Recuperado de <https://www.idae.es/biocarburantes> [última consulta 29/01/2023].
- International Transport Forum (2022). Implementing the ASEAN Fuel Economy Road Map. *OECD/ITF*. Recuperado de https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/implementing-asean-fuel-economy-roadmap_1.pdf [última consulta 10/02/2023].
- Jaguar Land Rover (s.f.). Environment. Recuperado de <https://www.jaguarlandrover.com/environment> [última consulta 20/02/2023].
- Kolodny, L. (2023). Tesla stock down as investor day falls short on specifics. *CNBC*. Recuperado de <https://www.cnbc.com/2023/03/01/tesla-2023-investor-day-after-the-bell-master-plan-part-3-teased.html> [última consulta 03/03/2023].
- Kuhnert, F., Stürmer, C. y Koster, A. (2018). Five trends transforming the Automotive Industry. *PwC*. Recuperado en <https://www.pwc.com/gx/en/industries/automotive/assets/pwc-five-trends-transforming-the-automotive-industry.pdf> [última consulta 17/01/2023].
- López Redondo, N. (2022). Este es NAMX HUB, el primer coche de hidrógeno con depósitos intercambiables. *movilidadelectrica.com*. Recuperado de <https://movilidadelectrica.com/este-es-namx-hub-el-primer-coche-de-hidrogeno-con-depositos-intercambiables> [última consulta 28/01/2023].
- Mercedes-Benz Group (2021). Mercedes-Benz Strategy Update: electric drive. Recuperado de <https://group.mercedes-benz.com/company/strategy/mercedes-benz-strategy-update-electric-drive.html> [última consulta 02/03/2023].
- Mercedes-Benz Group (s.f.). Corporate History. Recuperado de <https://www.mercedes-benz.com/en/innovation/milestones/corporate-history/> [última consulta 20/11/2022]. [última consulta 21/11/2022].
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020). Hoja de Ruta del Hidrógeno: Una apuesta por el hidrógeno renovable. *Gobierno de España*. Recuperado de [https://energia.gob.es/es/Novedades/Documents/hoja de ruta del hidrogeno.pdf](https://energia.gob.es/es/Novedades/Documents/hoja_de_ruta_del_hidrogeno.pdf) [última consulta 27/01/2023].
- Mondragón Tenorio, E. (2021). Advantages and disadvantages of electric mobility. *BBVA*. Recuperado de <https://www.bbva.ch/en/news/advantages-and-disadvantages-of-electric-mobility/> [última consulta 25/01/2023].

- Montoriol Garriga, J. y Díaz, S. (2021). El sector del automóvil en España: estratégico y en transformación. *CaixaBank Research*. Recuperado en <https://www.caixabankresearch.com/es/analisis-sectorial/industria/sector-del-automovil-espana-estrategico-y-transformacion> [última consulta 18/12/2022].
- Motorpasión (2017). ¿Sabías que Toyota no siempre fue Toyota? *Espacio Toyota-Motorpasión*. Recuperado de <https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/sabias-que-toyota-no-siempre-fue-toyota> [última consulta 09/03/2023].
- Muñoz Ramírez, R. (1993). La industria de automoción: su evolución e incidencia social y económica. *Cuadernos de Estudios Empresariales*, nº 3. Editorial Complutense. Págs. 289-296.
- Musk, E. (2006). The Secret Tesla Motors Master Plan (just between you and me). *Tesla*. Recuperado de <https://www.tesla.com/blog/secret-tesla-motors-master-plan-just-between-you-and-me> [última consulta 01/03/2023].
- Naciones Unidas (s.f.). El Acuerdo de París. Recuperado de <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement> [última consulta 02/02/2023].
- Nair, A., Ganapavaram, A. y Lienert, P. (2022). Ford boosts EV spending to \$50 billion, sets up a new Model e unit. *Reuters*. Recuperado de <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/ford-run-ev-ice-businesses-separately-2022-03-02/> [última consulta 22/02/2023].
- NHTSA (s.f.). Corporate Average Fuel Economy. *United States Department of Transportation*. Recuperado de <https://www.nhtsa.gov/laws-regulations/corporate-average-fuel-economy#:~:text=NHTSA's%20Corporate%20Average%20Fuel%20Economy,havy%2Dduty%20trucks%20and%20engines> [última consulta 08/02/2023].
- Noya, C. (2016). Se desvela la segunda parte del Plan Maestro de Tesla. *Diario Renovables*. Recuperado de <https://www.diariorenovables.com/2016/07/se-desvela-la-segunda-parte-del-plan-maestro.html> [última consulta 01/03/2023].
- OICA (2022). Global Sales Statistics 2019-2021. Recuperado de <https://www.oica.net/category/sales-statistics/> [última consulta 09/12/2022].
- OICA (2022). Production Statistics. Recuperado de <https://www.oica.net/production-statistics/> [última consulta 09/12/2022].
- Paoli, L., Teter, J. y Petropoulos, A. (2022). Car and Vans. *IEA*. Recuperado de

<https://www.iea.org/reports/cars-and-vans> [última consulta 16/01/2023].

Parlamento Europeo (2023). Fit for 55: cero CO₂ emissions for new cars and vans in 2035.

Noticias Parlamento Europeo. Recuperado de <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230210IPR74715/fit-for-55-zero-co2-emissions-for-new-cars-and-vans-in-2035> [última consulta 06/02/2023].

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2009). Directiva 2009/28/CE de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifica y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE. *Diario Oficial de la Unión Europea*. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:ES:PDF> [última consulta 29/01/2023].

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2014). Directiva 2014/94/UE de 22 de octubre de 2014 relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos. *Diario Oficial de la Unión Europea*. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094&from=BG> [última consulta 19/01/2023].

RACC Blog (s.f.). Coches a gas (GNV), ventajas y desventajas. *RACC Mobility Club*. Recuperado de <https://www.racc.es/blog/coche/coches-a-gas-glp-ventajas/> [última consulta 22/01/2023].

Reed, E. (2020) History of Tesla: Timeline and Facts. *The Street*. Recuperado de <https://www.thestreet.com/technology/history-of-tesla-15088992> [última consulta 27/02/2023].

S&P Global Mobility (2022). Electric Vehicle Trends. *S&P Global*. Recuperado de https://www.spglobal.com/mobility/en/topic/electric-vehicle-trends.html?utm_source=google&utm_medium=ppc&utm_campaign=PC023665&utm_term=electric%20vehicles%20market&utm_network=g&device=c&matctype=p&gclid=CjwKCAjwzuqgBhAcEiwAdj5dRnjUt_MHNyReN6VqRpdmVKtguNzNtgpZsvivSTLLLY4eZi1JdengaxoCZCIQAvD_BwE [última consulta 27/02/2023].

Shakir, U. (2023). Tesla confirms its next Gigafactory will be in Mexico. *The Verge*. Recuperado de <https://www.theverge.com/2023/3/1/23571725/tesla-gigafactory-monterrey-mexico-announce-investor-day> [última consulta 06/03/2023].

- Statista (2023). Automotive industry worldwide – statistics & facts. Recuperado de <https://www.statista.com/topics/1487/automotive-industry/#topicOverview> [última consulta 09/12/2022].
- Sullivan, J. (2023). Tesla’s Master Plan Looks Like A Flop. *Seeking Alpha*. Recuperado de <https://seekingalpha.com/article/4583832-teslas-master-plan-3-a-flop> [última consulta 08/03/2023].
- Tesla (2023). 2023 Investor Day. Vídeo recuperado de <https://www.cnbc.com/2023/03/01/tesla-2023-investor-day-after-the-bell-master-plan-part-3-teased.html> [última consulta 08/03/2023].
- Teter, J. (2022). Transport. *IEA*. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/transport> [última consulta 19/01/2023].
- Toyota (2023). Integrated Report 2022. *Toyota investors library*. Recuperado de https://global.toyota/pages/global_toyota/ir/library/annual/2022_001_integrated_en.pdf [última consulta 11/03/2023].
- Toyota (s.f.). Goals & Targets. *Toyota Environmental Sustainability*. Recuperado de <https://www.toyota.com/usa/environmentalsustainability/goals-and-targets> [última consulta 10/03/2023].
- U.S. Department of Energy y EPA (s.f.). Alternative Fuels. *fueleconomy*. Recuperado de <https://www.fueleconomy.gov/feg/current.shtml> [última consulta 01/02/2023].
- U.S. Department of Transportation (2022). Electric Vehicles Types. Recuperado de <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-basics/vehicle-types> [última consulta 23/01/2023].
- Volkswagen (2021). On the Way to Zero – The General Strategy. *Volkswagen Newsroom*. Recuperado de <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/on-the-way-to-zero-the-general-strategy-7226> [última consulta 17/02/2023].
- White, J. y Klayman, B. (2021). Ford announces series of deals to accelerate EV push. *Reuters*. Recuperado de <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/ford-announces-series-deals-accelerate-ev-push-2022-07-21/> [última consulta 20/02/2023].