



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Definición y cálculo de indicadores de movilidad
sostenible

Autor: Ángela Durán Arellano

Director: Pablo Frías Marín

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
“Definición y cálculo de indicadores de movilidad sostenible”
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2021/22 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: angeladarellano

Fecha: 22/08/2022

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: 

Fecha: 22/08/2022



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Definición y cálculo de indicadores de movilidad
sostenible

Autor: Ángela Durán Arellano

Director: Pablo Frías Marín

Madrid

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a Pablo Frías por darme la idea del proyecto y haberme guiado a lo largo de todo el proyecto.

También, me gustaría agradecer a mis padres, Begoña y Ángel, por su enorme paciencia, dedicación y esfuerzo en ayudarme a cumplir mis sueños y objetivos.

A mis amigos y hermano por su apoyo.

DEFINICIÓN Y CÁLCULO DE INDICADORES DE MOVILIDAD SOSTENIBLE

Autor: Durán Arellano, Ángela.

Director: Frías Marín, Pablo.

Entidad Colaboradora: ICAI- Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

1. Introducción

La movilidad sostenible surge como respuesta a el constante incremento del impacto negativo en el medio ambiente generado por los desplazamientos que se realizan al recorrer la distancia desde el lugar de origen hasta el destino fundamentalmente en los entornos urbanos. Los vehículos de combustión fósil son el método de transporte más utilizado en la mayoría de los países y son altamente contaminantes. Por su alta frecuencia de uso diario y su amplio campo de mejora los vehículos particulares son el eje hacia la movilidad sostenible promoviendo el comienzo del desarrollo de los vehículos eléctricos (VE). En este entorno de evolución tecnológica es importante entender y medir el impacto de los turismos en la movilidad sostenible.

2. Definición del Proyecto

El proyecto se basa en la evaluación y evolución del desarrollo del VE y esta dividido en tres partes. En primer lugar, se obtiene de manera teórica, la información recogida sobre los VE. Además, se identifican una serie de indicadores conocidos como KPI (Key Performance Indicators). Estos indicadores permiten identificar de forma comparable y para todos los años de manera teórica, qué aspectos son los que se quieren ir evaluando a lo largo del proceso de desarrollo de los VE. Asimismo, en este apartado se divide en dos secciones, por un lado, se habla sobre los factores que afectan al proceso productivo de los VE como es por ejemplo la oferta y la demanda y, por otro lado, se obtienen los resultados generados por el proceso productivo, como es por ejemplo la repercusión que tiene el VE con respecto al consumo energético renovable. En segundo lugar, se estudia la situación actual en la que se encuentra España. Para ello, se realiza el cálculo de las KPIs determinados anteriormente y se realiza una pequeña comparativa entre las diferentes CCAA y algunos países europeos. Por último, se realiza una predicción sobre cómo evolucionará el desarrollo de la movilidad con el paso de los años y se determinará si a través de la predicción se cumplen los objetivos y límites impuestos por el Gobierno y la UE.

3. Conclusiones

El desarrollo de los VE está comenzando a desarrollarse en España, comparativamente con otros países de nuestro entorno se encuentra por detrás y es por ello por lo que, aún queda mucho trabajo por realizar. Hemos podido observar cómo actualmente España carece de puntos de recarga en relación con la demanda y el potencial de crecimiento, en especial la CCAA de Madrid. Por ello, es necesario incrementar las infraestructuras de recarga para poder abastecer las necesidades de todos los VE futuros. Asimismo, dentro de los puntos de recarga ya instalados hemos podido observar una escasez en las infraestructuras de recarga rápida y ultrarrápida. Por otro lado, se observa cómo con el desarrollo de los VE, el consumo en el sector del transporte disminuye ya que el consumo de un vehículo de combustión es mayor que uno eléctrico. Por estos motivos y considerando que actualmente toda la energía empleada en el transporte es importada debido a la necesidad de importar las materias primas que permiten su funcionamiento el porcentaje de importaciones empleada en el transporte disminuye con el desarrollo de VE. El motivo por el que se reduce el porcentaje en importaciones es porque existe un porcentaje de energía renovable que recarga el VE, esta energía al ser renovable no es importada.

En cuanto a las emisiones de dióxido de carbono y nitratos, observamos como los límites impuestos por la UE dan su efecto. A medida que pasan los años, los límites impuestos son cada vez más estrictos, esto ha creado una reducción en el número de emisiones producidas por el sector del transporte. Para que surja efecto las reducciones de NO_x y CO₂ en un país es necesario que el resto de los países vecinos también se tomen en serio y cumplan con los límites de emisiones impuestos. El número de muertes prematuras causadas por contaminación atmosférica ha llegado a cifras muy elevadas en comparación con las obtenidas hace 20 años. Para poder reducir estas cifras es necesario que no solo se cumplan los límites impuestos por la UE, sino que también se valore los límites determinados por la OMS.

DEFINITION AND CALCULATION OF SUSTAINABLE MOBILITY INDICATORS

Author: Durán Arellano, Ángela.

Supervisor: Frías Marín, Pablo.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

ABSTRACT

1. Introduction

Sustainable mobility seeks ways to be transported efficiently and by emitting as few emissions as possible. The idea of electric vehicles arises as passenger cars is the most widely used method of transport in most countries. Moreover, due to its frequently daily use and wide range of improvement toward sustainable mobility it led to the start of the development of the electric vehicle. For these reasons the motivation of this project arises through the need of understanding and measuring the impact of passenger cars in the development of sustainable mobility.

2. Definition of the project

The project is based on the assessment and the control of the development of electric vehicles and is divided into three parts. On the first hand, information on electric vehicles is collected theoretically and several indicators known as KPIs (Key Performance Indicators) are identified. These indicators allow the classification of aspects in an equal manner and theoretically to some of the factors that tend to be assessed with the development of electric vehicles. Moreover, this section divides the topic into two parts, on the one hand, it talks about the aspects that affect the production process of electric vehicles, such as supply and demand, and on the other hand, it refers to the results obtained by the production process, such as the impact on energy consumption. The second part focus on the current situation in which Spain is situated. In addition, the calculation of the KPIs determined above is carried out and a small comparison is made between the different autonomous community in Spain and some European countries. Finally, a prediction is made on how the development of mobility will evolve over the years and whether the objectives and limits imposed by the government and the EU are met through the prediction.

3. Conclusions

In the past five years, electric vehicles have been seriously developed in Spain, however there is still a lot of work to be done. After analyzing the actual situation in Spain, we have observed the current shortage of recharging points, especially in Madrid. Therefore, it is necessary to increase the number of recharging points to meet the needs of every electric vehicle. We have also seen a lack of fast and ultra-fast charging infrastructure within the recharging points already installed. On the other hand, we have observed that with the development of electric vehicles, consumption in the transport sector decreases as the consumption of a combustion vehicle is bigger than an electric one.

For these reasons and considering that all the energy used in the transport sector nowadays is imported due to the need of imported raw materials to operate, the percentage of imports used in transport will decrease with the development of electric vehicles. The reason why the percentage in imports is reduced is due to a percentage of energy that comes from recharging the batteries with renewable energy, which is not imported.

In reference to carbon dioxide emissions and nitrates, we see the effect of imposing limits on the number of emissions. As the years pass, the limits imposed are stricter, which has led to a reduction in the number of emissions produced by the transport sector, these limits are enforced by the UE. To see the effects of reducing the number of emissions of NO_x and CO₂, it is necessary that the other neighboring countries also take seriously and comply with the emission limits imposed. The number of premature deaths caused by air pollution has reached very high figures compared to those obtained 20 years ago. To reduce these figures, it is necessary not only to meet the limits imposed by the EU, but also to assess the limits determined by the OMS.

Índice de la memoria

1. Introducción.....	4
2. Movilidad sostenible.....	7
3. Métricas para el análisis de la movilidad sostenible.....	13
3.1 Factores empleados en el proceso productivo.....	14
3.1.1 Demanda	14
3.1.2 Oferta.....	18
3.2 Resultados del proceso productivo.....	25
3.2.1 Importaciones energéticas	26
3.2.2 Consumo energético.....	28
3.2.3 Emisiones de dióxido de carbono globales	31
3.2.4 Emisiones locales de NOx	35
3.2.5 Coste sanitario.....	36
3.3 Conclusión	42
4. Movilidad sostenible en España	45
4.1 Identificación de parámetros e información sobre VE actualmente en España.....	45
4.1.1 Vehículos	45
4.1.2 Impulso UE: Planes MOVES.....	50
4.1.3 Fabricante de vehículos	53
4.1.4 Barreras a las ventas de VE	56
4.1.5 Puntos de recarga.....	58
4.1.6 Movilidad compartida.....	61
4.2 Cálculo de indicadores actualmente en España.....	63
4.3 Conclusión	79
5. Escenarios de movilidad futura en España	82
5.1 Estimación de la evolución del parque eléctrico	82
5.1.1 Vehículos	82
5.1.2 Fabricantes de vehículos.....	83
5.1.3 Distancia recorrida.....	84

5.2	Estimación de los indicadores	85
5.3	Conclusión	97
6.	Conclusiones	99
7.	Bibliografía	105

Índice de figuras

Figura 1: Objetivos del desarrollo sostenible (Fuente: Gamez, M. J. (2022, 24 mayo)).....	6
Figura 2: Distancia media recorrida con el paso del tiempo (Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2014, 1 noviembre)).....	7
Figura 3: Análisis eficiencia de los distintos vehículos (Fuente: (Energía y sociedad. (2021)))	27
Figura 4: Riesgo relativo de exposición VS efecto en la salud física y mental (Fuente: (Shaw, S. S., Van Heyst, B. V. H., (2022, 14 junio))).....	38
Figura 5: Reducción de porcentaje de muertes prematuras si se redujeran los límites propuestos por la UE.....	39
Figura 6: Niveles recomendados sobre la calidad del aire y las metas intermedias por la OMS (Fuente: Organización Mundial de la Salud. (s. f.))	42
Figura 7: Registros globales de VE y cuota de mercado (Fuente: IEA. (2021b, abril)).....	47
Figura 8: Compra del próximo vehículo, tipología de vehículo (Fuente: European Investment Bank. (2021–2022))	48
Figura 9: Resultados obtenidos diferenciando entre rangos de edad (Fuente: European Investment Bank. (2021–2022)).....	49
Figura 10: Análisis sobre la situación de España con respecto al objetivo de 2030 (Fuente: ANFAC. (2022, mayo))	51
Figura 11: Turismos PHEV más vendidos en 2021 (Fuente: OVEMS).....	53
Figura 12: Turismos BEV más vendidos en 2021 (Fuente: OVEMS).....	53
Figura 13: Evolución de la autonomía de los VE (Fuente: IEA. (2021b, abril)).....	57
Figura 14: Evolución de las capacidades de baterías. (Fuente: IEA (2021a, abril))	57
Figura 15: Evolución precio de la batería (Fuente: IEA (2021b, abril)).....	58
Figura 16: Indicador de vehículo electrificado sobre el mercado total (Fuente: ANFAC. (2022, mayo))	63

Figura 17: Indicador de vehículo eléctrico puro sobre el mercado electrificado (Fuente: ANFAC. (2022, mayo))	64
Figura 18: Indicador infraestructuras de recarga rápida (Fuente: ANFAC. (2021, diciembre))	66
Figura 19: Precio por 100 km en la recarga de cada tipo de combustible (Fuente: Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022, 28 junio)).....	68
Figura 20: Distribución del consumo variando entre zona urbana e interurbana en BEV (Fuente: OVEMS).....	70
Figura 21: Distribución del consumo variando entre zona urbana e interurbana en PHEV (Fuente: OVEMS).....	70
Figura 22: Representación de toneladas de CO ₂ por cada proceso de un vehículo (Fuente: Volkswagen. (2021, 8 febrero)).....	74
Figura 23: Evolución del parque de vehículos (Fuente: OVEMS).....	83
Figura 24: Planificación de fabricantes en el desarrollo de VE (Fuente: IEA(2021a, abril))	84
Figura 25: Distancia recorrida en zona urbana (Fuente: OVEMS)	85
Figura 26: Distancia recorrida en carretera (Fuente: OVEMS).....	85

Índice de tablas

Tabla 1: Tabla de acrónimos	III
Tabla 2: Evaluación de las características de la movilidad sostenible en cada tipo de transporte (Fuente: Elaboración propia).....	12
Tabla 3: Ayudas dependiendo del usuario tras la compra de vehículos eléctricos (Fuente:(Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021, 9 abril)).....	15
Tabla 4: Ayudas por tipo de destinatario (Fuente:(Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021, 9 abril)).....	16
Tabla 5: Ayudas por implantación de infraestructuras de recarga dependiendo del coste (Fuente:(Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021, 9 abril))	17
Tabla 6: Límites de ayuda por la implantación de infraestructuras de recarga (Fuente:(Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021, 9 abril))	18
Tabla 7: Emisiones de NOx permitidos por Euro en turnismos según su antigüedad y combustible (Fuente: Wikipedia. (2022, 8 agosto))	36
Tabla 8: Consecuencias posibles por cada sustancia, rango de edad y valor (Fuente: de Bruyn, S. B., De Vries, J. V., (2020, julio))	41
Tabla 9: Coste total por unidad, dependiendo de la enfermedad (Fuente: (de Bruyn, S. B., De Vries, J. V., (2020, julio)).....	41
Tabla 10: Selección de índices (Fuente: Elaboración propia).....	44
Tabla 11: Comparativa en cada plan MOVES: mostrando presupuesto, número de puntos de recarga y VE. (Fuentes: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021, 9 abril) y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)).....	52
Tabla 12: Fabricas de vehículos (Fuente: Plaza, D. (2022, 29 marzo)).....	56
Tabla 13: Hábitos en cada tipo de recarga. (Fuente: Ruíz, F. M. R. B., Gámiz, E. G. M., Aspiazu, I. A. P., Román, C. R. C., & Sallent, H. S. B. (2021, enero)).....	60
Tabla 14: Capacidad y autonomía media de cada tipo de VE (Fuente Ruíz, F. M. R. B., Gámiz, E. G. M., Aspiazu, I. A. P., Román, C. R. C., & Sallent, H. S. B. (2021, enero)) ..	61

Tabla 15: N.º de puntos de recarga por CCAA y potencia instalada (Fuente: ANFAC. (2021, diciembre))	65
Tabla 16: Resultados obtenidos del consumo en 2022 (Fuente: Elaboración propia).....	72
Tabla 17: Toneladas de CO ₂ por el mantenimiento de cada componente (Fuente: Volkswagen. (2021, 8 febrero)).....	75
Tabla 18: Emisiones de CO ₂ por cada tipo de mantenimiento (Fuente: Gutiérrez, D. (2022, 11 julio)).....	75
Tabla 19: Emisiones de CO ₂ (g/km) de cada tipo de combustible (Fuente: OVEMS).....	76
Tabla 20: Emisiones de NO _x (mg/km) de cada tipo de combustible (Fuente: OVEMS)....	77
Tabla 21: Población y vegetación afectada por la contaminación (Fuente: España registra hoy el doble de muertes prematuras por contaminación del aire que hace 20 años. (2022, 29 junio)).....	79
Tabla 22: Consumo e importaciones de cada tipo de vehículo (Fuente: OVEMS).....	81
Tabla 23: Aproximación de los puntos de recarga pública (Fuente: Ecodes. (2021, febrero))	89
Tabla 24: Estimación para los puntos de recarga privada (Fuente: Ecodes. (2021, febrero))	89
Tabla 25: Estimación del total de puntos de recarga rápida e ultrarrápida (Fuente: Ecodes. (2021, febrero)).....	89
Tabla 26: Consumo e importaciones de cada tipo de vehículo (Fuente: OVEMS).....	102

Índice de gráficas

Gráfica 1: Evolución del número de viajeros en España (Fuente: INE. (2022, 31 junio))	8
Gráfica 2: Reparto modal en diferentes áreas metropolitanas españolas y europeas (Fuente: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2020, 1 enero)).....	9
Gráfica 3: Reparto modal en transporte público (Fuente: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2020, 1 enero))	9
Gráfica 4: Relación entre el índice de motorización y el porcentaje de uso del vehículo privado (Fuente: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2020, 1 enero))	10
Gráfica 5: Desarrollo de la movilidad compartida en Madrid (Fuente: OVEMS)	25
Gráfica 6: Representación del aumento de riesgo asociado con un 10µg/m ³ de incremento en las concentraciones de NO ₂ (Fuente: Holub, F. H., Hospido, L. H., & Wagner, U. J. W. (2020)).....	37
Gráfica 7: Evolución de nuevas matriculaciones de turismos eléctricos en España (Fuente: OVEMS).....	46
Gráfica 8: Porcentaje de matriculaciones de VE (Fuente: OVEMS).....	46
Gráfica 9: Evolución del número de turismos eléctricos en España (Fuente: OVEMS)	50
Gráfica 10: Evolución del presupuesto del Gobierno y número de vehículos ((Fuentes: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021, 9 abril) y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)y OVEMS)	52
Gráfica 11: Evolución del número de usuarios empleando carsharing (Fuente: OVEMS) .	62
Gráfica 12: Evolución del número de VE obtenidos con el desarrollo del carsharing (Fuente: OVEMS).....	62
Gráfica 13: Relación entre VE y puntos de recarga por CCAA (Fuente: ANFAC. (2021, diciembre))	67
Gráfica 14: Comparativa entre combustibles de los euros empleados en la recarga de cada tipo de vehículos por año (Fuente: Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022, 28 junio)).....	68

Gráfica 15: Diferencia entre la simulación del OVEMS y la estimación de cálculos (Fuente: Elaboración propia).....	71
Gráfica 16: Emisiones mundiales de CO ₂ en el sector del transporte (Fuente: IEA. (2021a, abril)).....	73
Gráfica 17: Evolución en las emisiones de NO _x procedentes del transporte en España (Fuente: Epdata. (s. f.))	78
Gráfica 18: Porcentaje de VE con respecto al mercado total de vehículos (Fuente: OVEMS)	86
Gráfica 19: Porcentaje de BEV con respecto al total de VE (Fuente: OVEMS)	87
Gráfica 20: Puntos de recarga privados en el año 2030 (Fuente: Ecodes. (2021, febrero)).	88
Gráfica 21: Puntos de recarga pública representando cada escenario (Fuente: Ecodes. (2021, febrero)).....	88
Gráfica 22: Relación entre VE y puntos de recarga públicos en 2030	90
Gráfica 23: Evolución de gastos asociados al transporte en turismos (Fuente: OVEMS)...	91
Gráfica 24: Evolución del consumo a lo largo de los años (Fuente: OVEMS).....	92
Gráfica 25: Evolución del porcentaje de importaciones en España (Fuente: OVEMS)	93
Gráfica 26: Evolución de los niveles de CO ₂ (Fuente: OVEMS)	94
Gráfica 27: Evolución de niveles de NO _x (Fuente: OVEMS)	95
Gráfica 28: Evolución de partículas (Fuente: OVEMS)	95
Gráfica 29: Evolución del porcentaje de incremento de matriculaciones.....	103

Tabla de acrónimos

Tabla de acrónimos	
MTERD	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
INE	Instituto Nacional de Estadística
BEV	Battery Electric Vehicle
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
HEV	Hybrid Electric Vehicle
DGT	Dirección General de Tráfico
VE	Vehículo Eléctrico
VTC	Vehículo de Transporte con Conductor
ANFAC	Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones
CCAA	Comunidad Autónoma
UE	Unión Europea
CECRE	Centro de Control de Energías Renovables
RR	Riesgo Relativo
OMS	Organización Mundial de la Salud
PNIEC	Plan Nacional Integrado de Energía y Clima
MITECO	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
OVEMS	Observatorio del Vehículo Eléctrico y la Movilidad Sostenible
REE	Red Eléctrica de España
PIB	Producto Interior Bruto
FEDER	Fondo Europeo de Desarrollo Regional
KPI	Key Performance Indicators
ODS	Objetivos del Desarrollo Sostenible

Tabla 1: Tabla de acrónimos

1. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas ha existido una gran preocupación por los efectos que provoca el cambio climático. Es por ello por lo que el sector del transporte, el cual es uno de los más emisores de este tipo de partículas, ha buscado maneras para poder contribuir en la lucha contra el cambio climático. El resultado de esta búsqueda ha acabado en el desarrollo de la movilidad sostenible, el cual persigue la eficacia de la movilidad y una reducción de emisiones. De las ideas para alcanzar el desarrollo de la movilidad sostenible surgió el VE. Este VE sustituiría los motores de combustión de los vehículos empleados actualmente por baterías eléctricas, sustituyendo la gasolina o diésel por electricidad. Esta idea supone un nuevo método de transporte en el que tras su uso no se emiten ninguna partícula de CO₂. En España, el desarrollo del VE empezó hace menos de una década y, su desarrollo y uso tiene un futuro largo. La motivación de este proyecto surge una vez el desarrollo de los VE ha comenzado, en el que la posición en la que se encuentra España es inferior a la del resto de países europeos. Es entonces cuando uno se pregunta: “¿Qué estamos haciendo mal?” y opta por analizar el desarrollo de los VE a través de indicadores. La creación de estos indicadores sirve para poder tomar decisiones y poder evaluar la situación en la que se encuentra España y compararla con el resto de los países. Asimismo, estos índices permiten obtener resultados de manera teórica y objetiva en los aspectos principales del VE y durante el transcurso de los años de su desarrollo.

Por otro lado, otra gran preocupación en lo que al sector del transporte se refiere es la cantidad de dinero empleada para el transporte y su dependencia con las importaciones de combustible. Hasta el comienzo del desarrollo del VE no existía ningún tipo de vehículo que permita transportarse sin emplear gasolina o gasóleo como materia prima. Estos combustibles no pueden ser obtenidos en España, por lo que han de ser importados por aquellos países que si tienen estos recursos. La importación de estos recursos provoca dos grandes problemáticas. Por un lado, España tiene que invertir grandes sumas de dinero en la importación de estos combustibles y, por otro lado, en España se ha creado una gran

dependencia energética y requiere de manera necesaria este tipo de combustibles. Es por ello por lo que la introducción de VE en el mercado es la resolución de estos dos grandes problemas.

Para el cálculo de los índices se ha empleado los datos obtenidos por el OVEMS. Estos datos son obtenidos de forma interna por lo que no tienen publicación en internet. Por otro lado, también se han empleado numerosos estudios como los de ANFAC, INE y Ecodes. Estos estudios han sido claves tanto para la identificación de índices como para su cálculo.

Un aspecto muy importante a la hora de realizar un proyecto es poder cumplir con algunos de los objetivos del desarrollo sostenible. El objetivo principal del desarrollo sostenible es convertir el transporte en un sector menos contaminante, debido a la gran preocupación por el cambio climático y que la energía se emplee de forma más sofisticada, cumpliendo con los objetivos de energía asequible y no contaminante, producción y consumo responsables y acción por el clima (ODS 7, 12 y 13). Para poder lograr el desarrollo de los VE es necesario invertir en puntos de recarga e infraestructuras de forma coherente y eficiente, cumpliendo con el propósito de industria, innovación e infraestructura (ODS 9). Una vez logrado imponer el desarrollo de los VE y haber conseguido formar parte en el desarrollo de la movilidad sostenible, haber reducido el consumo y las emisiones de gases contaminantes se lograrán los objetivos de: salud y bienestar y ciudades y comunidades sostenibles (ODS 3 y 11). Por último, para poder lograr todo esto será necesario que tanto la UE como España actúen de forma conjunta y que se trabaje de forma productiva y eficiente para poder lograr los límites y objetivos impuestos de forma conjunta, cumpliendo con el objetivo de alianzas para lograr los objetivos (ODS 17).



Figura 1: Objetivos del desarrollo sostenible (Fuente: Gamez, M. J. (2022, 24 mayo))

2. MOVILIDAD SOSTENIBLE

El concepto de desarrollo sostenible surgió en 1987 en el Informe Brundtland “Nuestro futuro común”. Desde entonces el sector del transporte ha innovado con el fin de poder incorporar la movilidad sostenible de la forma más eficaz posible. Existen diversas formas de desplazamiento ya sea de forma privada, a través de bicicletas, andando, moto, patín o de manera pública, como por ejemplo autobús, metro, cercanías, etc. Una de las grandes incertidumbres con respecto al transporte es como medir los desplazamientos. Existen diversas formas relacionadas con la medición de los desplazamientos ya sea por el número de viajes, número de viajeros, la distancia recorrida, la distancia media por viajero, todos estos parámetros podrían ser válidos para poder responder a la medida de desplazamientos.

A medida que los métodos de transporte han evolucionado, convirtiéndose en más eficaces y rápidos, tanto el número de viajeros como la distancia media recorrida por persona han incrementado. A través de la información obtenida por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MTERD) podemos observar como la media del número de kilómetros diarios recorrida ha ido incrementado con el paso de los años.

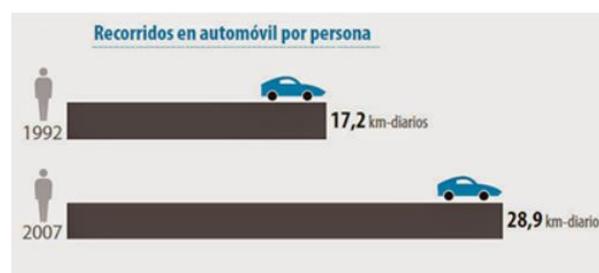
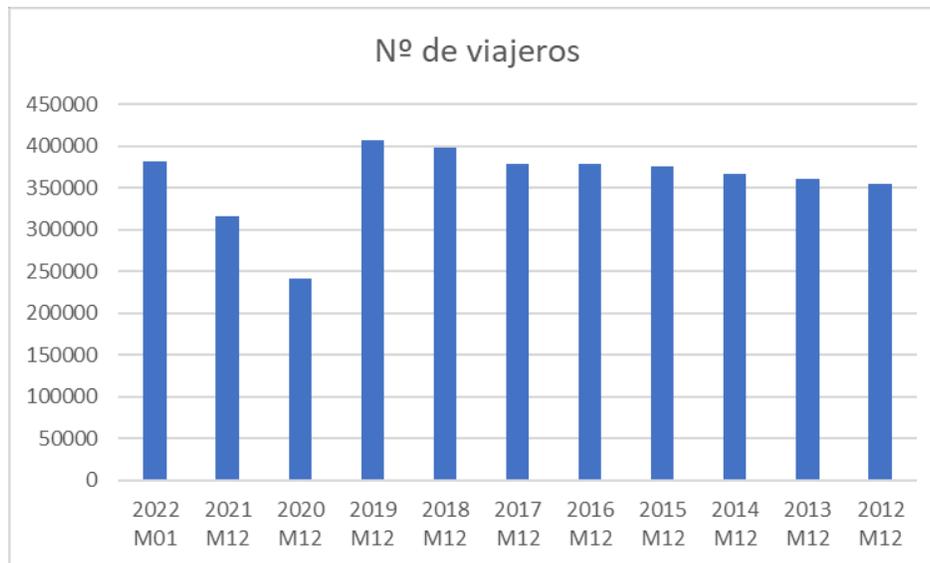


Figura 2: Distancia media recorrida con el paso del tiempo (Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2014, 1 noviembre))

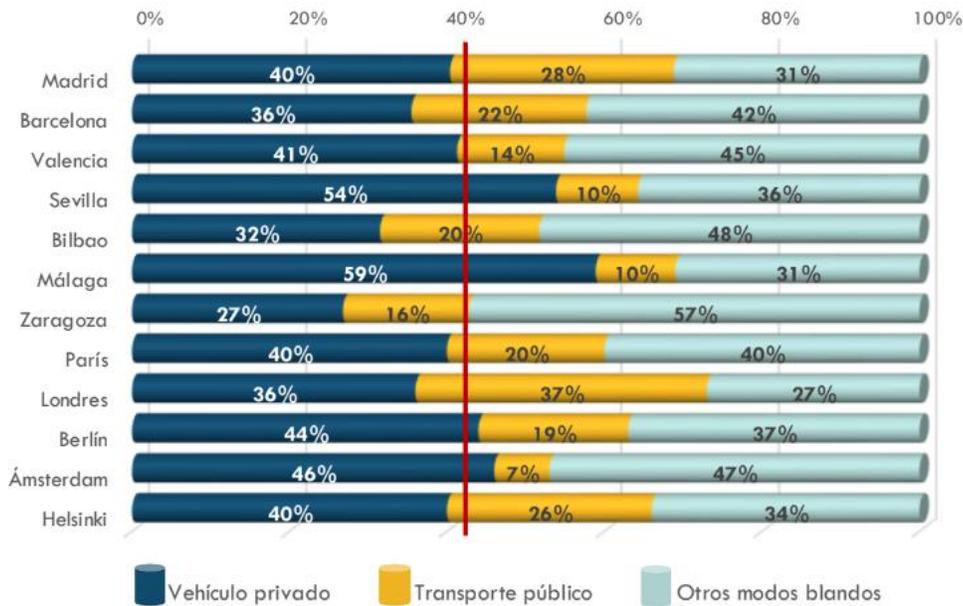
Por otro lado, a través de la información obtenida por el INE, INE. (2022, 31 junio), observamos como también existe un incremento en la evolución del número de viajeros con el paso del tiempo.



Gráfica 1: Evolución del número de viajeros en España (Fuente: INE. (2022, 31 junio))

En esta gráfica podemos observar como el número de viajeros ha ido incrementando con el paso de los años. Sin embargo, observamos como estas cifras disminuyen en el año 2020, el motivo por el que este número se reduce de manera drástica es debido a la pandemia mundial sufrida por el COVID-19. A pesar de las secuelas de la pandemia, podemos observar como en los años posteriores a la pandemia el número de viajeros incrementa con la esperanza de alcanzar e incluso superar las cifras de los años anteriores.

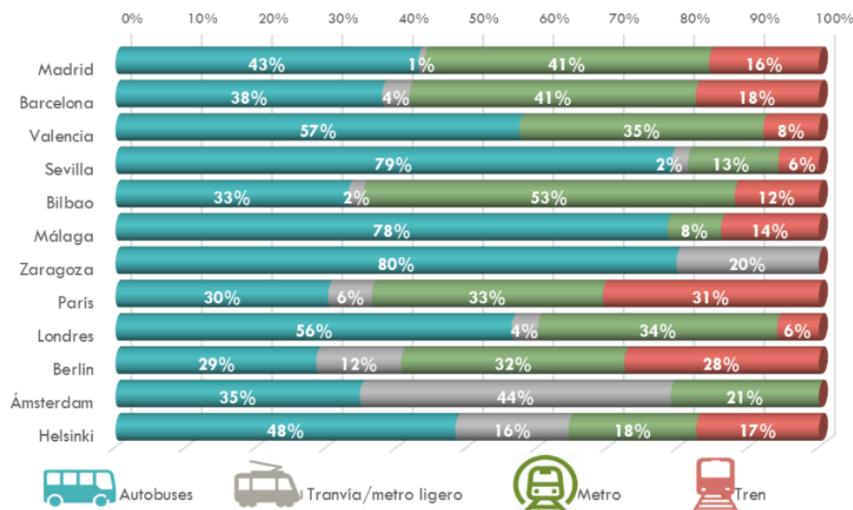
En el artículo publicado por el observatorio del Transporte y la Logística en España, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2020, enero), podemos observar las diferencias entre varias ciudades españolas y europeas. En la gráfica mostrada a continuación, podemos observar como a excepción de Zaragoza, las ciudades europeas hacen menos uso del vehículo privado en comparación con las ciudades españolas, siendo su media total de uso el 40%. Por otro lado, por norma general los métodos blandos como son andar y circular con bicicleta tienen mayor porcentaje en las ciudades españolas que en las europeas, mientras que en el transporte público ocurre lo contrario.



Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos del Observatorio de la Movilidad Metropolitana y del EMTA Barometer

Gráfica 2: Reparto modal en diferentes áreas metropolitanas españolas y europeas (Fuente: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2020, 1 enero))

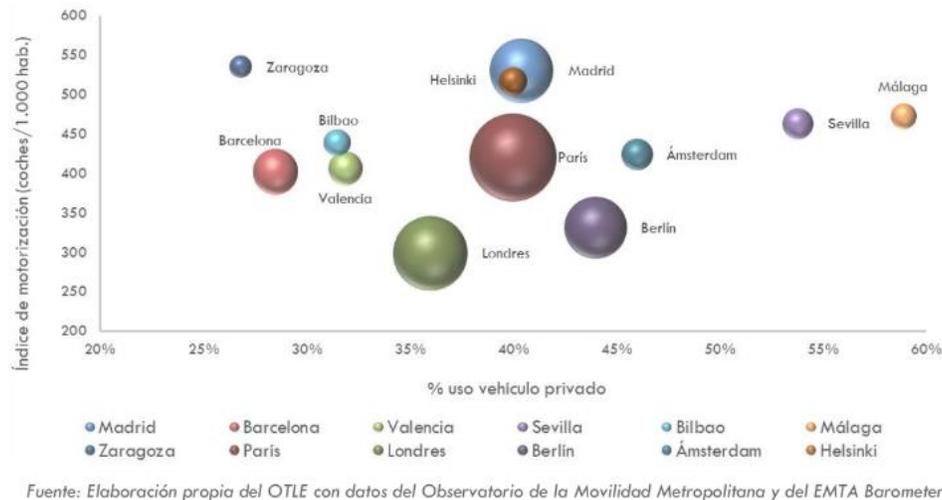
Dentro del uso del transporte público, para cada ciudad comentada anteriormente obtenemos una gráfica en la que se muestra el porcentaje modal de cada tipo de transporte.



Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos del Observatorio de la Movilidad Metropolitana y del EMTA Barometer

Gráfica 3: Reparto modal en transporte público (Fuente: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2020, 1 enero))

A partir de los resultados obtenidos observamos como por lo general la mayoría de las ciudades seleccionadas prefieren transportarse haciendo uso del autobús. Asimismo, en España el uso del tranvía y metro ligero es muy poco común, a excepción de Zaragoza.



Gráfica 4: Relación entre el índice de motorización y el porcentaje de uso del vehículo privado (Fuente: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2020, 1 enero))

Por último, podemos observar mediante la gráfica mostrada anteriormente la relación entre el índice de motorización y el porcentaje de uso del vehículo privado. Observamos como Zaragoza a pesar de ser la ciudad con menor densidad urbana es la ciudad española con mayor índice de motorización mientras que Barcelona que es la de mayor densidad es la de menor valor.

¿Qué es la movilidad sostenible?

La movilidad sostenible es un concepto que surge a través de la preocupación del impacto medioambiental y social que provoca la emisión de gases de efecto invernadero. Este concepto no solo está basado en la completa reducción de estos gases, si no que busca el bienestar socioeconómico. Para alcanzar dicho objetivo, será necesario promover el uso de transporte público, además de transportes alternativos que cumplan con las condiciones impuestas con dicho plan. Para ello, la movilidad sostenible se encuentra caracterizada por cuatro principales factores.

- **Accesibilidad universal:** tiene como principal objetivo la ambición de transporte, basada en la conexión de personas y comunidad con oportunidades económicas y sociales, teniendo en consideración los distintos grupos, incluyendo aquellos en situaciones vulnerables; personas con discapacidades, mujeres, niños, personas de tercera edad.
- **Eficiencia:** busca la manera de transportarse, a través de métodos confiables, rentables, predecibles y oportunos. El significado de eficiencia aplicado al transporte es la búsqueda de formas de movilidad de manera que se priorice un método oportuno y poco costoso para el usuario.
- **Seguridad:** su finalidad es minimizar los riesgos para la salud pública, además de la reducción de pérdidas sociales y económicas ligadas a una movilidad insegura.
- **Emisiones:** esta política está basada en la disminución de impacto ambiental de la movilidad ligada a las emisiones de gases contribuyentes al efecto invernadero, contaminación del aire y ruido.

A continuación, se ha realizado una tabla en la que se distingue para cada característica de la movilidad sostenible la situación en la que se encuentra cada tipo de transporte en España.

	Eficiencia	Accesibilidad	Emisiones	Seguridad
Metro	Muy Bien	Bien	Muy Bien	Muy Bien
Cercanías	Muy Bien	Bien	Muy Bien	Muy Bien
Autobús	Muy Bien	Bien	Regular	Muy Bien
Taxi	Regular	Muy Bien	Regular	Bien
Turismo	Regular (sharing)	Regular (autónomo)	Regular (eléctrico)	Bien

Moto	Regular	Mal	Regular	Regular
Bicicleta	Bien	Mal	Muy Bien	Mal
Patinete	Bien	Mal	Muy Bien	Muy Mal
Andando	Bien	Mal	Muy Bien	Muy Bien

Tabla 2: Evaluación de las características de la movilidad sostenible en cada tipo de transporte (Fuente: Elaboración propia)

De todos los métodos de transporte, podemos observar cómo los turismos son los más amplios y tienen mayor rango de mejora. Dentro del área de eficacia y accesibilidad los turismos tienen la oportunidad de desarrollar la movilidad compartida, también llamada carsharing. El carsharing consiste en transportarse mediante el alquiler del vehículo de forma eficaz y económica. Por otro lado, al tratarse de un transporte privado en el que por norma general cada uno es el propietario de su vehículo, se permite la oportunidad de que aquellas personas con discapacidades, movilidad reducidas o personas de tercera edad puedan ajustar su vehículo a su comodidad. Otro aspecto en el que el turismo tiene espacio de mejora es la reducción del número de emisiones. El desarrollo del vehículo eléctrico es de vital importancia para poder lograr la movilidad sostenible y disminuir al máximo las emisiones de gases contaminantes.

Tras haber hecho un análisis de los diferentes métodos de transporte y haber evaluado la situación en la que se encuentra España con respecto al desarrollo sostenible, podemos concluir que la movilidad mediante el turismo tiene gran margen de mejora. En este capítulo hemos podido analizar como el vehículo privado abarca casi el 40% de los traslados para la mayoría de las ciudades europeas. Sin embargo, actualmente es el turismo el causante de la mayoría de las emisiones ocasionadas por el transporte, es por ello por lo que, el desarrollo del vehículo eléctricos es un método eficiente y sostenible para reducir el número de emisiones. El desarrollo del vehículo eléctrico contribuiría al desarrollo de la movilidad sostenible y lograría beneficiarse de todas sus características.

3. MÉTRICAS PARA EL ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD SOSTENIBLE

El principal objetivo de este capítulo es la búsqueda de índices que permitan el estudio del nivel de madurez y penetración de la movilidad sostenible en los turismos. Estos índices se encuentran divididos en dos categorías: factores empleados en el proceso productivo y resultados del proceso productivo y se basan en distintos métodos que evalúen el impacto y garanticen información apropiada para el análisis de la movilidad sostenible.

Para poder llegar al entendimiento del desarrollo de los vehículos eléctricos, habrá que saber diferenciar en los distintos tipos existentes:

- Vehículo 100% eléctrico o BEV: es aquel que funciona con energía eléctrica, cuenta con uno o varios motores eléctricos, que se alimentan únicamente de la energía acumulada en las baterías de los motores, no necesita un motor de combustión para garantizar su funcionamiento. Se requiere energía que proviene de la red, obteniéndola a través de un punto de recarga.
- Vehículo Eléctrico de autonomía extendida o E-REV: son aquellos que son alimentados por la energía de una batería, y en los cuales se tiene un motor de combustión para recargar la batería. Su funcionamiento es el de un generador eléctrico encargado de recargar las baterías, y de la misma manera, se alimenta el motor eléctrico, encargado del movimiento de las ruedas del coche. Están divididos en dos: enchufables o no enchufables.
- Enchufables: se puede recargar la batería eléctrica a través de puntos de recarga, conectándolos a la red, sin necesidad de utilizar el motor de combustión, conocidos como PHEV-RE.
- No enchufables: se recargan únicamente a través del generador de combustible o motor de combustión.

- Vehículo Híbrido Enchufable o PHEV: son aquellos en los que emplean dos motores de distinta naturaleza: un motor de combustión y de un motor eléctrico. Su funcionamiento se basa en alternar ambas fuentes de energía, promoviendo la eficiencia e intentando hacer uso de él, de la forma más eficaz y sostenible.

3.1 FACTORES EMPLEADOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO

Dentro de estos dos índices, se englobarán a aquellos otros que tengan una repercusión en el proceso de producción de los vehículos eléctricos. Además, para su obtención, será necesario la identificación de diferentes agentes habilitadores para la movilidad sostenible. Esta categoría, se podría dividir en dos secciones: la primera, sería la de aquellos factores que tienen influencia en la modificación de la demanda de los vehículos eléctricos y, la segunda, englobaría los factores necesarios para poder cubrir la demanda existente.

3.1.1 DEMANDA

Esta sección abarca las diferentes formas de identificación del desarrollo de la movilidad eléctrica, que son relevantes en la demanda de vehículos eléctricos. Una de las incertidumbres sobre el desarrollo de la movilidad eléctrica sería como medir dicho desarrollo.

Uno de los métodos para poder responder a la pregunta de “cómo se desarrollará la movilidad sostenible” y, poder medir su avance, sería a través de la realización de encuestas. Estas encuestas podrían ser útiles para conocer los intereses del consumidor, de esta manera, se podría realizar un enfoque más personalizado.

Estas encuestas tienen el objetivo de poder evaluar qué aspectos son los más influyentes en el desarrollo de la movilidad sostenible. Uno de los aspectos más interesantes sería conocer cual la concienciación de los países europeos por la mejora del cambio climático, además, habrá que valorar cuantas de las personas concienciadas con el medioambiente son jóvenes, ya que serán ellos los que vivirán y ejecutarán el desarrollo de la movilidad sostenible. Otro aspecto interesante por conocer sería “¿cuál sería el próximo coche que se comprarían?”,

pudiendo distinguir los vehículos entre BEV, PHEV y de combustible, ya sea diésel o gasolina, además de poder diferenciar la edad y nacionalidad de cada participante en la encuesta.

Existen diversas metodologías de medición del desarrollo del vehículo eléctrico. Una de ellas se basaría en contabilizar el número de unidades vendidas o el número de matriculaciones registradas en la DGT. Sin embargo, no solo estos métodos son relevantes a la hora de analizar dicho desarrollo, para ello, es necesario evaluar cuales son los factores determinantes para que un usuario decida adquirir un vehículo eléctrico (VE). A la hora de realizar la compra de un VE, los tres factores más influyentes serán: el precio de la unidad vendida, la autonomía media de la unidad y la capacidad disponible.

Asimismo, el Gobierno ha creado una serie de incentivos para el desarrollo de la movilidad sostenible, aprobando la propuesta del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico con el fin de atraer a nuevos usuarios. Para la realización del plan MOVES III se ha dotado de 400 millones de euros con posibilidad de ampliación, cuyo destinatario sería la concesión directa de ayudas a las comunidades autónomas, además de Ceuta y Melilla, con la finalidad de ejecutar programas de incentivos ligados a la movilidad eléctrica. Las ayudas principales serán las siguientes:

Subvenciones a aquellos usuarios que adquieren un nuevo VE. Estas subvenciones dependen de la tipología y del tipo de destinatario y se recogen en la siguiente tabla:

	Ayudas compra de vehículos	Con achatarramiento
Particulares, autónomos o administración	hasta 7000€	hasta 9000€
Comerciales: categoría N1	hasta 3500€	
Vehículos turismos: categoría M1	hasta 4500€	hasta 7000€

Tabla 3: Ayudas dependiendo del usuario tras la compra de vehículos eléctricos (Fuente:(Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021, 9 abril))

Además, existe la posibilidad de incrementar el importe de la ayuda, no acumulable, en un 10% si se cumple que el usuario que adquiere el VE forma parte de alguno de los siguientes grupos:

1. Adquisiciones de vehículos de turismos y vehículos comerciales ligeros, en caso de que los destinatarios sean personas con discapacidades físicas o con movilidad reducida y su vehículo se dote de adaptaciones para su conducción.
2. Adquisiciones de vehículos de personas empadronadas en municipios con menos de 5.000 habitantes. Para ello, es necesario que el empadronamiento deba mantenerse al menos dos años desde la fecha de registro de la solicitud.
3. Adquisiciones de vehículos turismos, en caso de que la persona destinataria sea autónomo y tenga como fin del uso del vehículo como Taxi o servicio de Vehículo de Transporte con Conductor (VTC).

Conjuntamente, se podrá aumentar el valor de la ayuda, en caso de que el destinatario acredite la baja definitiva de un vehículo matriculado en España con restricciones categorías M1, N1, L. Por otro lado, además de la ayuda, se exige a los fabricantes o puntos de venta, de su margen comercial, practicar un descuento de como mínimo mil euros en la factura de compraventa de dicho vehículo. Los límites de ayuda por tipo de destinatario están recogidos en la siguiente tabla:

Destinatarios	Límite total de ayuda
Autónomos	Las ayudas acumuladas no podrán exceder de la cantidad de 200 mil euros
Personas físicas	1 vehículo por destinatario último y convocatoria
Comunidades de propietarios, empresas y Entidades locales y el sector público institucional	50 vehículos por destinatario último y año
Inversiones directas de la administración autonómica	50 vehículos por destinatario último y año

Tabla 4: Ayudas por tipo de destinatario (Fuente: (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021, 9 abril)))

Por otro lado, el mencionado plan MOVES III también dota de ayudas por la implantación de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos. Estas ayudas pueden llegar hasta los porcentajes del coste total subvencionable detallados en la tabla siguiente, Tabla 5: Ayudas por implantación de infraestructuras de recarga dependiendo del coste, Tabla 5:

Destinatarios	Ayuda (% coste subvencionable)	
	Localización general	Municipios <5.000 habitantes
Autónomos, particulares, Comunidades de Propietarios y administración sin actividad económica	70%	80%
Empresas y entes públicos con actividad económicas, recargas acceso público y P<50kW	35% (45% Mediana empresa) (55% Pequeña empresa)	40% (50% Mediana empresa) (60% Pequeña empresa)
Empresas y entes públicos con actividad económica recarga acceso privado o acceso público con P<50kW	30%	40%

Tabla 5: Ayudas por implantación de infraestructuras de recarga dependiendo del coste (Fuente: (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021, 9 abril)))

Asimismo, existen los siguientes límites de ayudas:

Destinatarios	Tipo de instalación	Límite de ayuda (€)
Autónomos	Acceso privado o público	La cuantía de ayudas acumuladas no podrá exceder de la cantidad de 200 mil euros
Personas físicas	Acceso privado	5.000€ /expediente
Resto destinatarios	Acceso privado o público	800.000€/ expediente 2,5 M€ por destinatario último durante la vigencia de la convocatoria autonómica

Tabla 6: Límites de ayuda por la implantación de infraestructuras de recarga (Fuente: (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021, 9 abril)))

3.1.2 OFERTA

Tras la analizar los aspectos influyentes en la demanda de los vehículos eléctricos y haber evaluado como se podría desarrollar la movilidad sostenible, ahora habrá que evaluar los diferentes parámetros de los que dependen VE. Dentro de estos aspectos, se tendrán en cuenta los distintos fabricantes de VE, los puntos de recarga, con su potencia equivalente, los suministros de energía, además de tener en cuenta la posibilidad de la movilidad compartida.

3.1.2.1 Fabricante de vehículos

Dentro de esta consideración se podría evaluar diferentes aspectos influyentes en lo que se debe a la fabricación de vehículos. Uno de los aspectos de interés, sería conocer el número de modelos eléctricos disponibles, obteniendo una relación de cada modelo de VE con respecto al número total de vehículos. Actualmente, una de las mayores incertidumbres, sería conocer cómo se van a desarrollar las capacidades de las baterías en VE. Hoy en día, las distancias que pueden circular los VE son cortas, sin embargo, a medida que la movilidad sostenible continúe desarrollándose, su capacidad de poder transportarse largas distancias comenzará a aumentar.

3.1.2.2 Puntos de recarga

Los puntos de recarga son bienes complementarios a los VE, sin ellos, el desarrollo de la movilidad sostenible no sería posible. Este bien abarca distintos modos de recarga y es fundamental poder identificar los diferentes tipos de recarga según el acceso al mismo. Para ello deberemos distinguir entre dos elementos:

1. El tipo de zona donde se encuentra ubicado el punto de carga, pudiendo identificar el emplazamiento dentro de la titularidad pública o privada.
2. El número de usuarios de cada vehículo eléctrico que tiene acceso a dicho punto de carga, diferenciándolo entre, si dicho punto es de acceso público o, si por el contrario,

dicho punto se encuentra restringido a usuarios con una relación particular con el propietario o gestor del punto de recarga.

Una vez definida la modalidad de los puntos de recarga, existe la posibilidad de agrupar cada modo de recarga en tres tipologías:

- Puntos de recarga en zona privada: este modo de recarga se identifica por el hecho de que el punto de recarga está limitado al propietario de dicho punto de recarga y/o a los usuarios que tienen una relación directa con el mismo. Este grupo contiene a aquellos vehículos en viviendas unifamiliares, aparcamientos de empresa que ofrecen la posibilidad de cargar sus vehículos a sus empleados, recargas de flotas de vehículos de empresa o aparcamientos de comunidades de vecinos.
- Puntos de recarga en zona privada con acceso público: esta área engloba al servicio de recarga que es considerado como una actividad principal del servicio que se presta o como un servicio adicional de la actividad principal. Corresponde a puntos de recarga encontrados en aquellos lugares que ofrezcan a sus clientes la capacidad de recarga de sus vehículos, como, por ejemplo, en centros comerciales, gasolineras, hoteles, etc.
- Puntos de recarga en zona pública: este grupo es accesible para cualquier propietario de un vehículo eléctrico, y se encuentran dentro de la vía pública.

3.1.2.2.1 Potencia y hábitos empleados para cada tipo de recarga

En cada tipo de infraestructura se puede diferenciar las potencias empleadas dependiendo del tipo de carga usadas para cada caso obtenidas del estudio de Ecodes, (Ruíz, F. M. R. B., Gámiz, E. G. M., Aspiazu, I. A. P., Román, C. R. C., & Sallent, H. S. B. (2021, enero)):

- Recarga en zona privada
 - Hogar (3,7kW)
 - Trabajo/ oficinas (7kW)
 - Depósitos destinados a los vehículos de Distribución Urbana de Mercancías (7kW)

- Deposito- pasajeros y mercancías (50kW)
- Recarga en zona pública
 - Lenta (7kW)
 - Semi rápida (16,5kW)
 - Rápida (40kW)
 - Ultra rápida (120 kW)
 - Áreas de descanso de transporte pesado (300 kW)

Para poder realizar una evaluación de la efectividad y rendimiento de los puntos de recarga, será necesario conocer algunos aspectos determinantes como, por ejemplo, la capacidad media de las baterías. Para ello, será necesario conocer la capacidad de cada uno de los vehículos existentes y realizar una media, teniendo en cuenta cada vehículo. Otra característica necesaria para valorar la necesidad de las instalaciones de recarga sería la media de la autonomía de los vehículos eléctricos, en ese caso, se necesitará realizar el promedio de la autonomía de cada vehículo eléctrico. Siendo conocedores de la autonomía de un vehículo eléctrico y la media de los kilómetros recorridos, se podría obtener el tiempo en el que una batería se consume de la siguiente manera:

$$\textit{Tiempo medio consumición batería} = \frac{\textit{dia}}{\textit{km recorridos}} * \textit{autonomía media vehículo km} \quad (1)$$

Asimismo, se podría lograr conocer el tiempo que tarda una batería en recargar. Las ecuaciones obtenidas para tanto el tiempo medio de consumición de batería como para el tiempo de recarga han sido una elaboración propia.

$$\textit{Tiempo de recarga (horas)} = \frac{\textit{Capacidad de batería}}{\textit{Potencia instalada del punto de recarga}} \quad (2)$$

Además, un aspecto interesante a considerar sería la frecuencia con la que se usan los puntos de recarga. Una manera de poder medir esto sería evaluando el número de horas semanales en la que un punto de recarga está siendo usado.

Por otra parte, para el análisis de la evolución de los puntos de recarga, sería necesario la determinación de índices que nos permitan evaluar y monitorizar el crecimiento de la

movilidad sostenible. Dentro de estos, cabría resaltar los siguientes los cuáles son obtenidos a través del Barómetro de ANFAC:

3.1.2.2.2 Números de puntos de recarga públicos por millón de habitantes

A la hora de poder realizar una comparación entre los países con interés de realizar un desarrollo en la movilidad sostenible, uno de los aspectos de interés sería el número de puntos de recarga disponibles por millón de habitantes. Para poder obtener este dato será necesario emplear la siguiente fórmula:

$$\text{Número de puntos de recarga por población} = \frac{\text{Número de puntos de recarga existentes}}{\text{Número de personas en la población}} \quad (3)$$

3.1.2.2.3 Indicador global de Electromovilidad

Es el encargado de medir el nivel de penetración de los puntos de recarga eléctricos en una zona geográfica. Al igual que el resto de los indicadores mostrados a continuación, están valorados en base a 100, en el que se evalúan las siguientes características, los datos son obtenidos por ANFAC. (2022, mayo):

- 10 % dirigido al mercado de cuota del vehículo eléctrico
- 70 % dedicado al desarrollo con vehículo eléctrico BEV con respecto al vehículo eléctrico.
- 30% agenciado a la cuota de áreas de recarga con puntos de potencia rápida y ultra rápida sobre el número completo de áreas de recarga.

3.1.2.2.4 Indicador de penetración del vehículo electrificado

Es el indicador encargado de medir el nivel respecto al objetivo de cuota del 10% del mercado electrificado de vehículos y 70% de incursión del vehículo eléctrico con cero emisiones sobre el mercado eléctrico de vehículos. Para obtener este indicador es necesario obtener, el número de matriculaciones de VE sobre el mercado total, el número de vehículos eléctricos sobre la población motorizada y la matriculación de vehículos eléctricos BEV sobre el total de vehículos eléctricos.

1. Indicador vehículo electrificado sobre mercado total

Para la obtención de este índice, será necesario medir el número de matriculaciones de vehículos eléctricos con respecto al número total de vehículos en la población que se desea medir. Se podría obtener de esta manera:

$$\frac{N^{\circ} \text{ de matriculaciones de vehículos eléctricos}}{N^{\circ} \text{ de vehículos en el mercado}} \quad (4)$$

2. Indicador vehículo electrificado sobre población motorizada

En esta ocasión, se mide el número de vehículos eléctricos de una población con respecto al número de personas participes de una población motorizada.

$$\frac{N^{\circ} \text{ de vehículos eléctricos}}{N^{\circ} \text{ de personas motorizadas en la población}} \quad (5)$$

3. Indicador vehículo puro sobre mercado electrificado

Por último, para poder determinar el indicador de penetración del vehículo electrificado, será necesario medir el número de matriculaciones de aquellos vehículos considerados como eléctricos puros con respecto al valor total de vehículos eléctricos.

$$\frac{N^{\circ} \text{ de matriculaciones de vehículos eléctricos puros (BEV)}}{N^{\circ} \text{ de vehículos eléctricos}} \quad (6)$$

3.1.2.2.5 Indicador de infraestructura de recarga

Este indicador evalúa el nivel de desarrollo de las infraestructuras de recarga expuestas en la vía pública en comparación con el número de áreas y puntos de recarga totales. Para ello, se hace uso de los siguientes indicadores:

1. Indicador infraestructuras de recarga sobre población motorizada

Se obtiene a través de la medición del volumen de accesos de recarga sobre la población motorizada.

$$\frac{\text{Volúmen de infraestructuras de recarga}}{N^{\circ} \text{ de personas motorizadas en la población}} \quad (7)$$

2. Indicador infraestructura de recarga rápida

Evalúa el nivel de desarrollo de la infraestructura de recarga rápida y ultra rápida.

$$\frac{N^{\circ} \text{ de puntos de recarga rápida y ultra rápida}}{N^{\circ} \text{ de puntos de recarga}} \quad (8)$$

3.1.2.2.6 Relación entre puntos de recarga y kilómetros de carretera

Esta relación muestra el número de puntos de recarga disponibles en cada CCAA por cada 100 kilómetros, este indicador es muy sutil a la hora de determinar los puntos estratégicos en los que se podría situar las nuevas instalaciones que se desean implantar.

$$\frac{N^{\circ} \text{ de puntos de recarga}}{\text{Radio de 100 km}} \quad (9)$$

3.1.2.2.7 Relación entre puntos de recarga y parque electrificado

Esta relación se obtiene a partir de la relación entre:

$$\frac{N^{\circ} \text{ parque de vehículos eléctricos}}{N^{\circ} \text{ total de puntos de recarga}} \quad (10)$$

Para que sea una relación óptima, el Consejo Europeo ha fijado que como máximo debería ser de 10 vehículos por punto de recarga.

3.1.2.3 Suministros de energía

El desarrollo de la movilidad sostenible provoca un incremento en la demanda de puntos de recarga y, por consecuencia, aumenta la demanda eléctrica. Sin embargo, este interés por la recarga de vehículos crea una incertidumbre a los propietarios de dichos vehículos sobre el precio de recarga de sus vehículos. Diversas empresas han fijado sus precios en tarifas, las cuales dependen de la potencia o energía consumida, la franja horaria en la que recargan y la potencia instalada.

Las tarifas que las empresas proporcionan para aquellos que usuarios que emplean los puntos de recarga, podemos diferenciarlas en dos tipos. Por un lado, se encuentra el modelo estático,

en esta tipología, se diferencia el precio a pagar dependiendo del periodo del día en el que se recarga el vehículo. Existirá diferentes tarifas dependiendo de la franja horaria en la que se encuentre. Este horario divide el día en tres momentos: horas Punta, horas Valle, horas Supervalles. Los precios en cada horario serán fijos, sin embargo, el precio variará dependiendo del periodo en el que se encuentre. Por otro lado, el modelo dinámico se fundamenta en la alternación del precio dependiendo del momento en el que se realice, además, no existe la posibilidad de planificar su precio con antelación. Este concepto hace que varíe su precio dependiendo de la demanda que exista en el momento que se desee recargar.

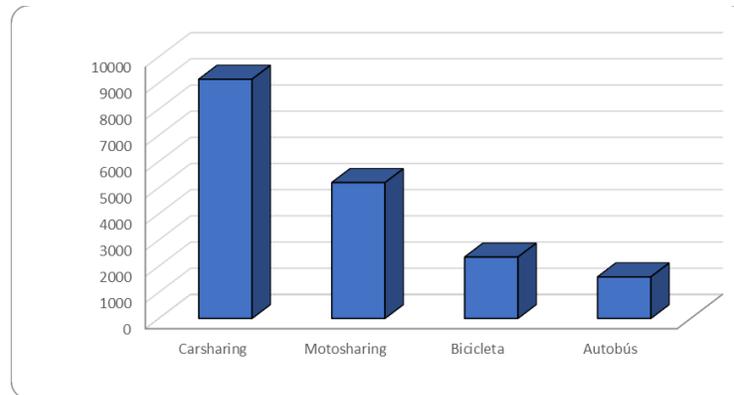
En el importe pagado de cada tarifa, existe un importe destinado a tres conceptos diferentes. Por un lado, el 30,7% se dirige al pago de energía, el 28,8% se destina al mantenimiento y uso de redes, en el cual se permite flexibilidad a los usuarios y al sistema eléctrico y, por último, el 40,5% restante está consignado al pago de impuestos. Sin embargo, para poder comparar los suministros entre los diferentes tipos de vehículos sería necesario obtener la relación de cada tipo de recarga en euros por 100 km.

3.1.2.4 Movilidad compartida

El desarrollo de la movilidad sostenible no solo ha impulsado la compra de nuevos vehículos, sino que también ha incentivado la idea de alquiler. La aparición de conceptos como Mobility as a Service (MaaS), basado en obtener una movilidad urbana en la que cada trayecto sume como unidad, han incitado el desarrollo de aplicaciones para móviles con la idea de impulsar el carsharing. Además, este progreso en la movilidad sostenible en la que se ofrecen ventajas fiscales y cuotas en la movilidad de las zonas urbanas ha provocado que todos los vehículos de alquiler sean VE. Esta aportación disminuye las emisiones de carbono, la contaminación del aire, y, además, contribuye a un sistema de transporte más eficiente.

La movilidad compartida, no involucra únicamente al carsharing, sino que permite movilizarse mediante otras formas de transporte. En España, Madrid es la CCAA con mayor desarrollo de la movilidad compartida y es el carsharing quien cuenta con mayor capacidad de viajeros, como se puede observar en la siguiente figura. A pesar de que la empresa Car2go

cuenta con mayor número de vehículos, el máximo número de ocupantes es de dos, por lo que es la empresa Zity la que lidera en número de viajeros capaces de transportar.



Gráfica 5: Desarrollo de la movilidad compartida en Madrid (Fuente: OVEMS)

A pesar de que haya otras formas de transporte, la movilidad compartida se emplea mayoritariamente para trayectos de corta distancia. El carsharing es la forma de transporte más usada para movilizarse desde una larga distancia a otra. Un aspecto que habrá que evaluar es si el carsharing y la venta de VE son bienes sustitutivos, es decir, si el incremento de nuevos usuarios en empresas que se dedican al alquiler de VE significa la reducción de ventas de VE en el que solo existe un único consumidor.

3.2 RESULTADOS DEL PROCESO PRODUCTIVO

Una vez analizados aquellos aspectos que afectan de forma directa al desarrollo de turismos eléctricos, habrá que considerar el respeto de aspectos que también influyen en su evolución. Uno de los beneficios que se obtiene al implantar este nuevo método de transporte es, la reducción de, tanto importaciones energéticas, como de emisiones provocadas por gases contribuyentes al efecto invernadero o provocadores de enfermedades respiratorias. En este apartado no solo se quiere evaluar esta reducción, sino que, además, se quiere determinar tanto el consumo, como el coste sanitario relacionado con la evolución de VE.

3.2.1 IMPORTACIONES ENERGÉTICAS

Actualmente, existe una gran preocupación por el cambio climático, es por esto, el deseo de actuar con la mayor rapidez posible con el fin de solventar dicha problemática. Sin embargo, el cambio climático no es la única preocupación. Actualmente España importa el 100% de los combustibles fósiles, por tanto, existe una gran dependencia energética de aquellos países exportadores de la energía a España. De esta forma, si se cambiase la movilidad empleando combustibles fósiles por una basada en energía eléctrica procedente de energía renovable, se estaría reduciendo la dependencia energética existente. Este es el motivo por el que la movilidad eléctrica se ha convertido en un elemento primordial como solución a este inconveniente, ya que, permite incorporar electricidad de origen renovable al sector de transporte, el cual representa el 40% del consumo de energía. Hoy en día, hay más de 23.000 MW de potencia que procede de aerogeneradores, cubriendo casi el 20% de la demanda eléctrica anual, incluso en algunas ocasiones puede llegar a cubrir hasta el 50%. Uno de los objetivos para el plan de 2030 es alcanzar el 74% de la demanda del sistema eléctrico con renovables. Para ello, se necesitarán 37.000 MW de energía fotovoltaica y 50.000 MW de eólica. Además, la UE se ha propuesto como objetivo incrementar el 27% de la eficiencia energética, La Moncloa. (2022, 1 agosto).

La complicación de las renovables es que hay que tener en cuenta algunos aspectos, como, por ejemplo, que los suministros dependen de la variabilidad de su producción, sus cambios antes diferentes condiciones climatológicas y que existe una incertidumbre a la hora de predecirlas. Es por ello, que se creó el Centro de Control de Energías Renovables (CECRE), el cual gestiona y controla las agrupaciones de generación renovable, facilitando su integración y coordinación entre el Operador del sistema y sus productores.

Uno de los principales motivos por los que el sistema eléctrico se beneficia de la integración de las renovables es por la mejoría de la eficacia. A la hora de determinar la eficiencia del VE, hay que tener en consideración el origen del que provienen las fuentes de energía dentro del parque generador. Existen fuentes de energía, como las centrales térmicas, las cuales tienen una eficiencia entre el 35% y el 60% y otras, con fuentes renovables con una eficacia

del 100%, ya que estas implican la no utilización de energías primarias finitas y con coste. En un coche convencional de gasolina, se obtiene una eficacia global del 25%, siendo este porcentaje el que se obtiene a través de energía mecánica mediante el movimiento de las ruedas, el 75% restante es desaprovechado. Para el caso de los BEV, se obtiene una estimación de que existe una eficacia del 77% en el caso de que la batería se recargue con una fuente de energía plenamente renovable, en cambio, si es recargada con un mix de generación eléctrica basado en gas natural, la eficacia sería del 42%. Asimismo, para el caso de un vehículo PHEV, debido a que existe una combinación de motor convencional y eléctrico, se obtendrá una eficiencia entorno al 31% y 49%, como se puede observar en la siguiente figura, Energía y sociedad. (2021).

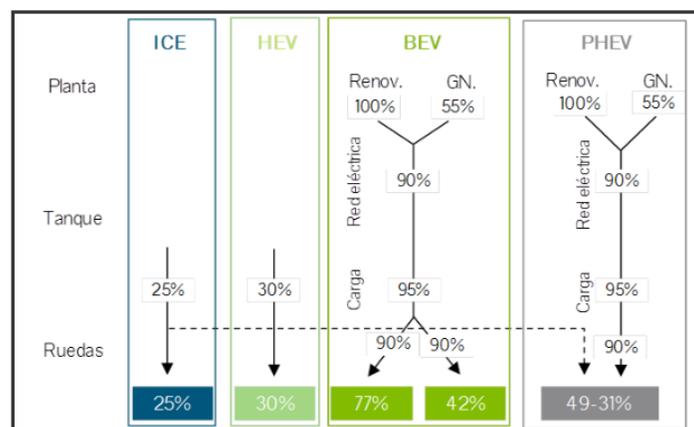


Figura 3: Análisis eficiencia de los distintos vehículos (Fuente: (Energía y sociedad. (2021)))

El desarrollo de la movilidad sostenible, como el impulso por imponer las renovables en el sector del transporte, han provocado que con el paso del tiempo la dependencia de importaciones energética en España disminuya. Para poder visualizar con claridad esta disminución, habría que calcular un índice que refleje la energía importada para el transporte entre la energía total necesaria para el funcionamiento de la movilidad.

3.2.1.1 Porcentaje de energía importada para el transporte

Para obtener este porcentaje, en primer lugar, habrá que determinar los siguientes parámetros:

NX: Número de vehículos existentes de cada tipo: BEV (B), PHEV (P), diésel (D) y gasolina (G)

DI: Distancia anual recorrida por un turismo en un año

CX: Consumo medio de cada tipo de vehículo: BEV (B), PHEV (P), diésel (D) y gasolina (G). Para el caso del vehículo PHEV, habrá dos tipos de consumo, el de cuando se emplee el motor de combustión (1) y, para el caso de que funcione mediante la batería eléctrica (2).

% importaciones

$$= \frac{NG * CG * DI + ND * CD * DI + NP * (CP1 * 0.5 + CP2 * 0.5) * DI * 0.534 + NB * CB * DI * 0.534}{NG * CG * DI + ND * CD * DI + NP * (CP1 * 0.5 + CP2 * 0.5) * DI + NB * CB * DI} \quad (11)$$

3.2.1.2 Energía importada con respecto a la energía total

% importaciones

$$= \frac{NG * CG * DI + ND * CD * DI + NP * (CP1 * 0.5 + CP2 * 0.5) * DI * 0.534 + NB * CB * DI * 0.534}{Energía total importada} \quad (12)$$

Se multiplican las capacidades del vehículo PHEV por 0.5, ya que, un vehículo híbrido enchufable recorre aproximadamente el 50% de su distancia empleando energía eléctrica, mientras que la otra mitad, la realiza empleando el motor de combustión. Por otro lado, debido a que las materias primas empleadas para la generación de energías no renovables son importadas, hay que tenerlas en consideración a la hora de contabilizar la energía importada en España. Actualmente el 54,3% de la energía generada proviene de centrales no renovables, motivo por el que se multiplica ese porcentaje.

3.2.2 CONSUMO ENERGÉTICO

Una de las incertidumbres con respecto a este nuevo desarrollo, sería conocer el consumo de los VE y si el sistema eléctrico es capaz de poder generar la energía suficiente que demanda el parque de VE. Por lo que uno de los aspectos que se deben conocer es el consumo de cada tipo de VE. Para poder determinar el consumo, será necesario diferenciar cada tipo de VE, ya que, el vehículo BEV solo depende de las capacidades de las baterías, mientras que el PHEV depende también del motor de combustión. Para conocer el consumo total de un

vehículo, es necesario poder determinar si capacidad, autonomía y vida útil de las baterías, que se obtendrán de la siguiente manera:

3.2.2.1 Autonomía de las baterías

$$\text{Autonomía baterías [km]} = \frac{\text{Capacidad energética [kWh]}}{\text{Consumo de energía } \left[\frac{\text{kWh}}{100\text{km}} \right]} \quad (13)$$

3.2.2.2 Vida útil de las baterías

NC: Número de ciclos hasta llegar al 80% de la carga inicial

A: Autonomía de la batería cargada al 100% de su capacidad

El valor de 0,9 viene de la media de la capacidad que tiene una batería durante su vida útil, es decir, es el valor medio entre el 80% y el 100%

$$\text{Vida útil baterías} = NC * A * 0,9 \quad (14)$$

3.2.2.3 Consumo del vehículo eléctrico

A la hora de poder determinar con exactitud, el consumo del VE habrá que diferenciarlo entre BEV y PHEV, además, es imprescindible determinar los siguientes parámetros:

DU: Distancia media recorrida por un VE en una zona urbana, en km

DI: Distancia media recorrida por un VE en una zona interurbana, en km

CU: Consumo medio en los vehículos BEV en una zona urbana, en MWh/km.

CI: Consumo medio en los vehículos BEV en una zona interurbana, en MWh/km.

Además, sería necesario declarar la variable N, siendo esta el número de VE existentes. Esta variable dependerá del tipo de vehículo obtenido, es decir, se diferenciará el número de vehículos de cada tipo, BEV o PHEV, a la hora del cálculo del consumo. Una vez declarado los parámetros y la variable comentada anteriormente, se podría obtener la media del consumo energético de los vehículos BEV mediante la siguiente fórmula, en MWh:

$$\text{Consumo energético de un vehículo BEV} = \sum N(\text{BEV}) * (DU * CU + DI * CI) \quad (15)$$

Para determinar el consumo de un vehículo PHEV, habrá que tener en consideración otros factores, ya que, en este caso, el consumo dependerá de si el vehículo está consumiendo de la batería eléctrica o del motor de combustión, los parámetros serán los siguientes:

DU_E: Distancia media recorrida cuando el vehículo PHEV actúa con el motor eléctrico en una zona urbana, en km.

DU_C: Distancia media recorrida cuando el vehículo PHEV actúa con el motor de combustión en una zona urbana, en km.

DI_E: Distancia media recorrida cuando el vehículo PHEV actúa con el motor eléctrico en una zona interurbana, en km.

DI_C: Distancia media recorrida cuando el vehículo PHEV actúa con el motor de combustión en una zona interurbana, en km.

CU_E: Consumo medio del vehículo PHEV cuando está empleando el motor eléctrico en una zona urbana, en MWh/km.

CU_C: Consumo del vehículo PHEV cuando está empleando el motor eléctrico en una zona interurbana, en MWh/km.

CU_X: Consumo medio del vehículo PHEV cuando está empleando el motor de combustión, ya sea diésel o gasolina, en L/km.

CU_X: Consumo del vehículo PHEV cuando está empleando el motor de combustión, ya sea diésel o gasolina, en una zona interurbana, en L/km

$$\begin{aligned} \text{Cons. PHEV} = & \sum N(\text{PHEV}) \\ & * (DU_E * CU_E + DU_C * CU_C + DI_E * CI_E + DI_C * CI_C) \quad (16) \end{aligned}$$

Como el consumo de los vehículos PHEV cuando se emplea el motor eléctrico se mide en MWh y el consumo cuando se emplea el motor de combustión se mide en litros, habrá que convertir los litros en MWh para obtener todo en las mismas unidades.

3.2.2.4 Incremento del porcentaje de energía necesaria para los VE

Una vez conocidos los consumos de cada tipo de VE, para conocer la energía eléctrica empleada, bastará con realizar la suma de los consumos energéticos de diferenciando cada VE. Además, para poder calcular el incremento de porcentaje necesario para poder abastecer la energía total necesaria habría que realizar el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned} & \text{Incremento \% energía} \\ & = \sum N(\text{BEV}) * (DU * CU + DI * CI) + N(\text{PHEV}) \\ & * (DU_E * CU_E + DI_E * CI_E) \quad (17) \end{aligned}$$

3.2.3 EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO GLOBALES

Una de las principales ventajas del VE es la reducción de las emisiones de gases contribuyentes al efecto invernadero. El dióxido de carbono es uno de los protagonistas de la destrucción de la capa de ozono, por lo que su reducción es de gran interés. Por lo tanto, uno de los objetivos es poder obtener el número de kilogramos de CO₂ emitidos por el VE. De esta manera, se podrá realizar una comparativa con el vehículo de combustión y además permitirá visualizar los distintos procesos de emisión de CO₂ en el VE, señalando las áreas de mejora. Los distintos procesos en los que un vehículo emite CO₂ son principalmente: en el proceso de fabricación, en el mantenimiento del vehículo, en la recarga de baterías o en el uso del vehículo. Por lo que para obtener el número total de emisiones de CO₂ será necesario obtener el valor de kg de CO₂ emitidos en los procesos comentados anteriormente.

La Comisión Europea ha establecido como objetivo que en 2030 se produzca la reducción del 37,5% de las emisiones de CO₂.

En primer lugar, se determinará la forma de cálculo del número total de kg de dióxido de carbono producido por los vehículos de combustión. Todos los índices obtenidos de forma teórica sobre el dióxido de carbono son elaboración propia.

3.2.3.1 Emisiones en la fabricación de vehículos de combustible en kg

CM_TG: Emisiones medias en la fabricación de VE tras la fabricación del conjunto motor-transmisión de gasolina

CM_TD: Promedio de emisiones de CO₂ en VE al fabricar el conjunto motor- transmisión diésel

$$\text{Gramos de CO}_2 \text{ en fabricación gasolina} = C + CM_{TG} \quad (18)$$

$$\text{Gramos de CO}_2 \text{ en fabricación diésel} = C + CM_{TD} \quad (19)$$

3.2.3.2 Emisiones de CO₂ en el uso de un vehículo de combustión

KC: Kilómetros medios totales recorridos por un vehículo de combustión a lo largo de su vida útil

EC: kg de CO₂ por km recorrido

CC: Promedio del consumo de un vehículo de combustión [L/100 km]

FE_C: Valor del FE del tipo de combustión empleado en el vehículo [kg de CO₂ /L]

$$\text{Gramos de CO}_2 \text{ en el uso de un veh. de combustión} = KC(EC + CC * FE_C) \quad (20)$$

3.2.3.3 Emisiones de CO₂ en la producción de baterías de VE en kg

EB: Media de kilogramos de CO₂ por kWh de baterías

B: Capacidad media de las baterías de VE en kWh, distinguiendo entre BEV y PHEV

$$\text{Gramos de CO}_2 \text{ en la producción de baterías} = EB * B \quad (21)$$

3.2.3.4 Emisiones de CO₂ en la fabricación de un VE en kg

C: Emisiones medias en la fabricación del conjunto carrocería- interior de vehículos eléctricos. Esta sección englobaría la fabricación de asientos, frenos, salpicadero, paneles interiores y exteriores, etc.

M_I: promedio de kg de CO₂ emitidos en la fabricación de los motores e inversor de un VE

CM_TX: es el promedio de emisiones, dependiendo de si se emplea gasolina o diésel del conjunto motor- transmisión

BEV:

$$\text{Gramos de CO}_2 \text{ en fabricación VE (BEV)} = C + M_I + EB * B \quad (22)$$

PHEV:

$$\begin{aligned} \text{Gramos de CO}_2 \text{ en fabricación VE (PHEV)} \\ = C + M_I + EB * B + CM_{TX} \quad (23) \end{aligned}$$

3.2.3.5 Emisiones de CO₂ por el mantenimiento del vehículo

A lo largo de la vida útil de los vehículos hay que realizar una serie de operaciones para su mantenimiento. Estas operaciones conllevan adicionales emisiones de dióxido de carbono, por lo que habría que tenerlas en cuenta.

N: Número de veces que se repite el tipo de mantenimiento

$$\begin{aligned} \text{Gramos de CO}_2 \text{ en mantenimiento} \\ = \sum \text{Kg de CO}_2 \text{ por tipo de mantenimiento} * N \quad (24) \end{aligned}$$

3.2.3.6 Emisiones de CO₂ en el uso de un VE

CM: Consumo medio de un VE por cada 100 km, dependiendo de si se trata de un vehículo tipo BEV o PHEV.

K: Kilómetros medios totales recorridos por un vehículo eléctrico a lo largo de su vida útil

E_E: Promedio de kg de CO₂ tras la producción de 1kWh por parte del sistema eléctrico. Un factor que considerar en este parámetro es que depende del tipo de energía que emplees, en el caso de utilizar energías renovables este valor disminuirá, mientras que, si se emplea centrales térmicas, este valor aumentará.

$$\text{Gramos de CO}_2 \text{ en el uso de VE} = E_E * CM * K \quad (25)$$

3.2.3.7 Emisiones totales de dióxido de carbono de un VE

$$\text{kg totales de CO}_2 \text{ en VE} = E_E * CM * K + C + M_I + EB * B \quad (26)$$

3.2.3.8 Emisiones totales de dióxido de carbono en un vehículo de combustión

$$\begin{aligned} \text{Gramos totales de CO}_2 \text{ veh. de combustión} \\ = C + CM_{TX} + KC(EC + CC * FE_C) \quad (27) \end{aligned}$$

Por otro lado, se analizará la manera de obtener el número total de emisiones causadas por la fabricación, mantenimiento y uso de un VE. Las emisiones provocadas por el mantenimiento en un VE eléctrico son muy parejas a las de combustión, siendo las de un VE un poco inferiores.

3.2.3.9 Comparativa entre las emisiones de VE y vehículos de combustión

$$\begin{aligned} \text{Comparativa entre VE y los vehículos de combustión} \\ = \frac{\text{kg de CO}_2 \text{ fabri. VE}}{\text{kg de CO}_2 \text{ fabri. Veh. Com.}} \quad (28) \end{aligned}$$

3.2.3.10 Emisiones de CO₂ en la recarga de un VE

A la hora de determinar los kilogramos de CO₂ emitidos en la recarga de un VE, dependiendo del tipo de tecnología que emplea, necesitaremos conocer los siguientes parámetros:

P: Potencia de la tecnología empleada para la recarga del vehículo eléctrico, en un instante del tiempo [kW]

E: Emisiones promedio de la energía empleada [kg de CO₂/MW]

T: Tiempo en la que se emplea ese tipo de energía para la recarga del vehículo, en horas

Ca: Capacidad del VE [kWh]

$$\text{kg totales de CO}_2 \text{ en la recarga de un VE} = \frac{\sum P * T * E}{Ca} \quad (29)$$

3.2.3.11 Emisiones de CO₂ de cada tecnología en un instante del tiempo

Para poder determinar las emisiones de CO₂ debidas a la recarga de vehículos eléctricos, habrá que considerar los siguientes parámetros:

P: Potencia de la tecnología empleada para la recarga del vehículo eléctrico, en un instante del tiempo [MW]

E: Emisiones promedio de la energía empleada [kg de CO₂/MW]

PT: Potencia total generada por todas las tecnologías en ese instante del tiempo

$$\text{kg de CO}_2 \text{ de cada tecnología} = \frac{\sum P * E}{PT} \quad (30)$$

3.2.4 EMISIONES LOCALES DE NO_x

Según la Agencia Medioambiental Europea, se podría identificar las emisiones de NO_x procedentes de la movilidad en tres diferentes categorías:

Emisiones de los gases de escape: son aquellas emisiones procedentes de los productos de combustión de la gasolina, diésel o de aquellos productos procedentes del petróleo y, que se emplean para el motor de los vehículos. Esta combustión se debe al exceso de aire existente a altas temperaturas, en la que al existir estas condiciones se forman gases de NO_x. El motivo por el que los vehículos diésel son más contaminantes se debe a que el proceso de combustión se produce a mayor temperatura, incrementado su poder calorífico y, por tanto, produciéndose más NO_x.

Emisiones por abrasión: estas emisiones se producen tras la erosión de diferentes zonas del vehículo, pero mayoritariamente tras el contacto del neumático con el asfalto, también se pueden ocasionar en frenos y embrague. Estas emisiones generan partículas PM, pero no de NO_x.

Emisiones por evaporación: son causadas por el valor de NOx que se escapa en el combustible, desde el momento que salen del depósito hasta que llegan al motor. Los gases evaporados son compuestos orgánicos volátiles.

A medida que ha incrementado la concienciación de la reducción de gases perjudicantes para el bienestar medioambiente, la Unión Europea ha desarrollado diferentes normativas y políticas. Una de estas normativas, llamada “Euro”, limita las emisiones permitidas que los vehículos son capaces de emitir. A medida que el desarrollo de la movilidad sostenible ha incrementado, las limitaciones se han ido endureciendo. En la Tabla mostrada más adelante, se puede observar las emisiones permitidas por turismos según los estándares del Euro.

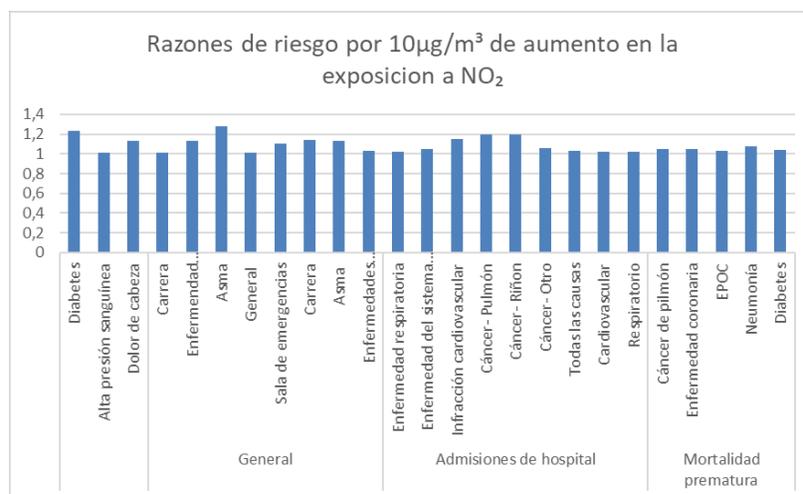
Combustible	Antigüedad y normativa	Turismos g NOx/km
Diésel	Euro 1	0,97
	Euro 2	0,7
	Euro 3	0,5
	Euro 4	0,25
	Euro 5	0,18
	Euro 6	0,08
Gas natural		0,06
Eléctricos		0
Gasolina	Euro 1	0,97
	Euro 2	0,5
	Euro 3	0,15
	Euro 4	0,08
	Euro 5	0,06
	Euro 6	0,06

Tabla 7: Emisiones de NOx permitidos por Euro en turismos según su antigüedad y combustible (Fuente: Wikipedia. (2022, 8 agosto))

3.2.5 COSTE SANITARIO

A la hora de determinar el coste sanitario debido a la contaminación del aire asociado al transporte, habría que poder determinar cuáles son las sustancias que provocan mayores riesgos de mortalidad y morbilidad. Dentro del porcentaje total de emisiones ocasionadas por los nitratos, el transporte provoca el 39% de las emisiones. La vía principal de estar en contacto con NOx sería mediante la inhalación, por lo que, la gran mayoría de enfermedades

padecidas por este gas están relacionadas con el sistema respiratorio. Sus primeros síntomas serían irritación en la garganta y nariz. En caso de prologar el contacto, estos síntomas evolucionarían en bronquitis y en dificultades respiratorias, las personas asmáticas suelen ser las más afectadas por estos síntomas. En caso de continuar con esta exposición directa, en el peor de los casos, se podría padecer de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, cáncer de pulmón, infecciones respiratorias, etc. En la gráfica mostrada a continuación, se recopilan los efectos más específicos para la salud, en el que se representa el incremento de riesgo ligado con un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de las concentraciones de NO_2 .



Gráfica 6: Representación del aumento de riesgo asociado con un $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento en las concentraciones de NO_2 (Fuente: Holub, F. H., Hospido, L. H., & Wagner, U. J. W. (2020))

Sin embargo, la exposición del ser humano con el NO_2 no solo tiene consecuencias físicas, sino que también tiene una repercusión mental. La salud mental ha sido uno de los principales enfoques en los objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, por lo que se ha investigado si existe un vínculo entre las emisiones de NO_2 y el bienestar mental de las personas. Tras esta investigación se ha podido obtener una correlación entre algunas enfermedades mentales y los gramos de NO_2 emitidos. En la Figura 4: Riesgo relativo de exposición VS efecto en la salud física y mental, podemos observar la relación entre el riesgo relativo de estar expuesto dióxido de nitrógeno. Esta gráfica se ha enumerado de mayor a menor.

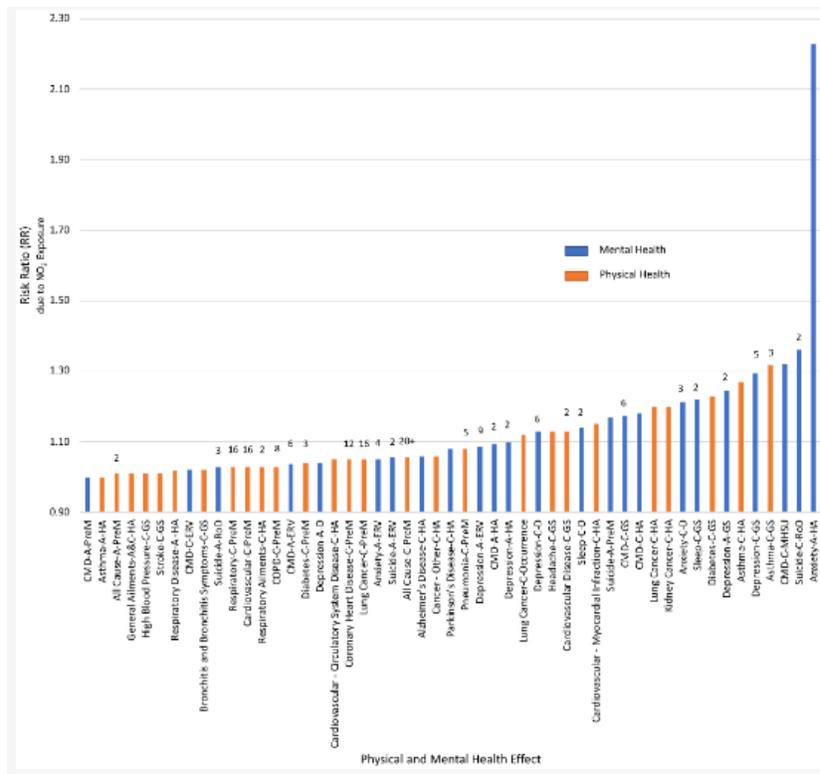


Figura 4: Riesgo relativo de exposición VS efecto en la salud física y mental (Fuente: (Shaw, S. S., Van Heyst, B. V. H., (2022, 14 junio)))

Por sorprendente que parezca, de esta gráfica se puede observar cómo existe un mayor riesgo causado por el impacto mental, en el que lidera la ansiedad, el suicidio y la depresión. En cuanto a las afectaciones físicas causadas por las emisiones de NO₂, aquellos pacientes con asma son los que mayor riesgo tienen de verse afectados al estar en contacto con este gas. Sin embargo, el contacto con nitratos no solo genera NO y NO₂, sino que también determinan que aproximadamente el 20% de las partículas PM_{2,5}. Las emisiones de estas partículas son las causantes de la mayoría de las muertes prematuras a nivel mundial, además, el 11% del total de estas emisiones son provocadas por el transporte en carretera. En 2019, los gases contaminantes del aire ocasionaron un número significativo de muerte prematuras y enfermedades en los 27 países de la UE. Se ocasionaron 307 mil muertes prematuras debido a la exposición de partículas finas, 40,4 mil muertas debido a la exposición de dióxido de nitrógeno y 16,8 mil muertes contribuyeron a la exposición aguda al ozono. Debido a la preocupación por estas cifras, el objetivo de Plan de Acción de Contaminación Cero, es el

encargado de reducir el número de muertes prematuras en 2030 hasta un 55%, en comparación con 2005. El número de muertes prematuras en 2005 fue de 456 mil muertes. A través de la siguiente figura, podemos observar cómo limitar la cantidad de partículas permitidas de PM_{2,5}, permite reducir el número de muertes prematuras, permitiendo el objetivo propuesto.

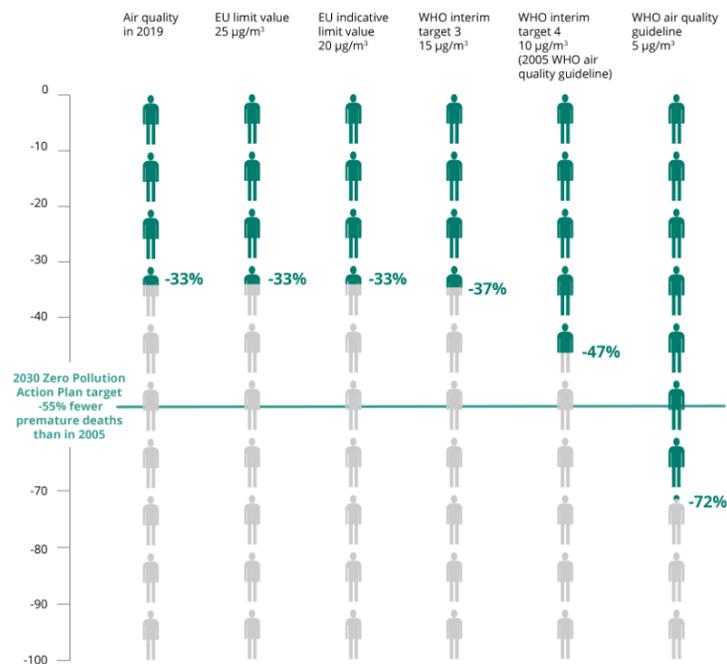


Figura 5: Reducción de porcentaje de muertes prematuras si se redujeran los límites propuestos por la UE

Sin embargo, la partícula PM_{2,5} no solo es causante de muchas de las muertes prematuras, sino que, su contacto ya sea en un periodo corto o largo provoca efectos negativos en el sistema respiratorio y cardiovascular, mortandad crónica cardiovascular y ataques al corazón. Por estos motivos, esta partícula está denominada en la sexta posición del ranking de riesgo de muertes globales.

A la hora de medir el coste sanitario provocado por la contaminación del aire se emplean dos métodos de medidas. Para uno de estos métodos, se emplea el riesgo relativo (RR), en el que se mide el impacto de una enfermedad como proporción de la incidencia observada en dos niveles de exposición diferentes.

El RR es interpretado como el incremento en porcentajes en el riesgo relativo en el impacto por el aumento en niveles de exposición de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Empleando el observatorio de CE Delf, en el que realiza un estudio híbrido basado en, por un lado, usar directamente el RR de la OMS detallando la información específica de cada país sobre las tasas de incidencia a la hora de calcular los riesgos atribuibles y por otro, empleando funciones de respuesta de concentración que muestran la correlación entre la concentración de la contaminación y los impactos provocados por esta concentración. Los resultados obtenidos son los siguientes:

1. Para la mortalidad de $\text{PM}_{2,5}$, O_3 y NO_2 , se han empleado los riesgos relativos de la OMS y las tasas de incidencia aplicadas a cada país para determinar la mortalidad específica de cada ciudad según un cierto nivel de contaminación. Se ha podido concluir que contribuyen al 70% del daño total debido a la contaminación del aire.
2. En cuanto a los impactos de morbilidad y mortalidad infantil, se han empleado funciones de respuesta (CRF), basadas en las tasas de incidencias medias europeas. En este caso, estos daños contribuyen al 30% de los totales causados por la contaminación del aire.

A través de los dos métodos comentados anteriormente, obtenemos la siguiente tabla en la que se muestra las consecuencias posibles si para cada tipo de sustancia se alcanzan ciertos valores.

Consecuencias	Substancia	Rango de edad	Valor por $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Reducción de la esperanza de vida- crónico	$\text{PM}_{2,5}$	Adultos +30	6.20E-03
Reducción de la esperanza de vida- agudo	$\text{PM}_{2,5}$	Adultos +30	1.23E-03
Días de actividad restringida	$\text{PM}_{2,5}$	Todos	9.59E-03
Días de trabajo perdido	$\text{PM}_{2,5}$	Trabajadores	2.07E-02
Días de actividad restringida para menores	$\text{PM}_{2,5}$	Adultos de 18 a 65	5.77E-02
Mayor riesgo de mortalidad (niños)	PM_{10}	Todos	4.00E-03
Nuevos casos de bronquitis crónica	PM_{10}	Adultos +18	4.51E-05
Admisiones al hospital por problemas respiratorios	PM_{10}	Todos	7.03E-06
Admisiones al hospital por problemas cardiacos	PM_{10}	Todos	4.34E-06
Uso de medicamentos/ broncodilatador	PM_{10}	Niños de 5 a 14	4.76E-03
Mayor riesgo de mortalidad	NO_2	Adultos +30	7.60E-04
Prevalencia de bronquitis en niños asmáticos	NO_2	Niños de 5 a 14	5.25E-03

Admisiones al hospital por enfermedades respiratorias	NO ₂	Todos	1.11E-05
---	-----------------	-------	----------

Tabla 8: Consecuencias posibles por cada sustancia, rango de edad y valor (Fuente: de Bruyn, S. B., De Vries, J. V., (2020, julio))

En la siguiente tabla se puede examinar los posibles costes adjudicados en caso de padecer alguna de las enfermedades ocasionadas por la contaminación del aire. Estos costes dependerán del número de personas que padecen dicha enfermedad, es decir, en caso de que haya muchas personas perjudicadas por las emisiones de estos gases, el coste incrementará. Por otro lado, existe una estimación del porcentaje que cada sector provoca con respecto a las emisiones de cada sustancia. De esta forma, para poder calcular el coste total provocado por el transporte, habría que multiplicar este porcentaje por el gasto total provocado por esta sustancia.

Consecuencia	Sustancia	Unidad	Euros por unidad
Mayor riesgo de mortalidad	PM2,5 y NO ₂	Años de vida perdidos	70 mil
Días de actividad restringida	PM2,5	Días	157
Días de trabajo perdido	PM2,5	Días	94
Días de actividad restringida para menores	PM2,5	Días	52
Mayor riesgo de mortalidad (niños)	PM10	Por caso	3,6 millones
Nuevos casos de bronquitis crónica	PM10	Por caso	240 mil
Admisiones hospital por problemas respiratorios y cardíacos	PM2,5 y NO ₂	Por caso	2850
Uso de medicamentos/ broncodilatador	PM10	Por caso	2

Tabla 9: Coste total por unidad, dependiendo de la enfermedad (Fuente: (de Bruyn, S. B., De Vries, J. V., (2020, julio)))

Es evidente que existe una gran concienciación para la reducción de estas sustancias contaminantes, es por ello, que la OMS ha establecido una serie de niveles recomendados con el fin de limitar el número de emisiones.

Contaminante	Tiempo promedio	Meta intermedia				Nivel de las directrices sobre la calidad del aire
		1	2	3	4	
MP _{2,5} , µg/m ³	Anual	35	25	15	10	5
	24 horas ^a	75	50	37,5	25	15
MP ₁₀ , µg/m ³	Anual	70	50	30	20	15
	24 horas ^a	150	100	75	50	45
O ₃ , µg/m ³	Temporada alta ^b	100	70	-	-	60
	8 horas ^a	160	120	-	-	100
NO ₂ , µg/m ³	Anual	40	30	20	-	10
	24 horas ^a	120	50	-	-	25
SO ₂ , µg/m ³	24 horas ^a	125	50	-	-	40
CO, mg/m ³	24 horas ^a	7	-	-	-	4

^a Percentil 99 (es decir, 3-4 días de superación por año).
^b Promedio de las concentraciones máximas diarias de O₃ (medias octohorarias) en los seis meses consecutivos con la concentración media móvil de O₃ más alta.

Figura 6: Niveles recomendados sobre la calidad del aire y las metas intermedias por la OMS (Fuente: Organización Mundial de la Salud. (s. f.))

3.3 CONCLUSIÓN

En el capítulo, hemos podido evaluar como el desarrollo de los VE es más complejo de lo precedido, ya que, viene determinado por numerosos agentes. En primer lugar, es necesario conocer el número de VE existentes el cual se determina a través del sumatorio de matriculaciones de VE en cada año. Para poder predecir las nuevas matriculaciones realizadas cada año es necesario conocer la cantidad de personas dispuestas a apoyar el desarrollo sostenible y uno de los métodos de identificación serían las encuestas. Por otro lado, las ayudas del Gobierno que reducen los costes de la compra de VE también son determinantes para aumentar el número de ventas de coches eléctricos. Es por ello por lo que, tanto las encuestas como los incentivos gubernamentales van a ser aspectos claves para poder identificar la demanda existente de los VE. En España el objetivo para el 2030 es alcanzar los 5 millones de VE y los 3 millones de turismos eléctricos.

Tras haber obtenido una estimación de la demanda futura de VE hay que analizar si los fabricantes de VE tienen la capacidad de producir la demanda que se les plantea. Para ello, es necesario que la industria automovilista desarrolle nuevos modelos eléctricos mejorando la autonomía de sus vehículos y reduciendo los precios para hacerlo más asequibles y, que, además cumplan con los reglamentos de emisiones propuestos por la UE. Asimismo, los

puntos de recarga al ser un bien complementario tendrán que incrementar de manera proporcionada al número de VE existentes. Para poder realizar una comparativa con otros países y posicionar a España en un ranking es necesario identificar una serie de índices que sean equivalentes independientemente de aspectos como el número de habitantes, la superficie del país, el número de vehículos en mercado del país, etc.

Por otro lado, a pesar de los incentivos proporcionados por el Gobierno los precios suelen ser más elevados en VE que en vehículos de combustión. Es en este momento en el que aparece la importancia de los suministros de energía. El coste del desplazamiento por 100 km de un VE es menor que de uno de combustión. El menor coste en el consumo en VE compensa el mayor coste de adquisición, por lo que a la larga es más económico el VE. La recarga de un VE por 100 km se encuentra en aproximadamente 5 euros mientras que la de uno de combustión es de alrededor de 10 euros. De esta forma, en el uso de un VE se invierte menos dinero en comparación con un vehículo de combustión. Asimismo, debido a la gran diferencia en suministros entre un vehículo de combustión y uno eléctrico se ha desarrollado la idea de movilidad compartida. Los bajos costes de recarga de VE han impulsado la creación de aplicaciones con la finalidad de movilizarse en zonas urbanas a bajos precios colaborando en el desarrollo de la movilidad sostenible y emitiendo cero emisiones.

Uno de los múltiples motivos por los que se ha creado el desarrollo de la movilidad sostenible es por la necesidad de reducir la dependencia existente de las importaciones de petróleo. Estas importaciones dependen del número de vehículo, los kilómetros recorridos y del consumo de cada vehículo. En el caso del VE el 45,7% de la energía empleada para la recarga de la batería eléctrica de un VE viene dada por energía renovable. Emplear en la recarga renovables supone no depender de la necesidad de importar materias primas para generar electricidad por lo que su uso es clave para la reducción de importaciones. Por estos motivos incrementar el porcentaje de VE y reducir el porcentaje de vehículos de combustión que circulan supone una disminución en el número de importaciones necesarias.

El principal motivo por el que se ha elaborado el desarrollo de la movilidad sostenible es la necesidad de reducir los gases contribuyentes al efecto invernadero como el CO₂, además de

otros gases causantes de enfermedades respiratorias como el NOx. La reducción del consumo y de las importaciones supone una disminución en estos gases que a su vez supone menos gastos dirigidos a la sanidad por la emisión de gases contaminantes.

El principal objetivo es determinar de manera teórica los índices y aspectos más influyentes que se desea determinar con la finalidad de posteriormente realizar un análisis de esos puntos clave y evaluar la situación de España. Tras haber localizado estos puntos clave se puede observar cómo existe una gran complejidad a la hora de determinar qué factores son los más influyentes en los VE. En primer plano se encuentra el número de VE y los puntos de recarga que de alguna forma están ligados y se debe encontrar un equilibrio entre ambos. A partir de ambos valores se puede determinar el resto de los aspectos los cuales también tienen un vínculo entre ellos. En muchas ocasiones un cambio en un parámetro supone una alteración en otro parámetro. Además, para una correcta evaluación del desarrollo de VE es necesario tener en cuenta todos los aspectos comentados ya que todos son piezas determinantes para un correcto análisis del parque de VE.

Por último, en la tabla mostrada a continuación se ha seleccionado una serie de índices de cada tipología de los cuales se obtendrán sus valores en los capítulos posteriores. De esta forma se irá evaluando el desarrollo de la movilidad sostenible y del VE.

Grupo de índice	Selección de índice	Fuente del índice	Valor representativo
Nº de vehículos	Indicador vehículo electrificado sobre mercado total (4)	ANFAC	48,3
	Indicador vehículo puro sobre mercado electrificado (6)	ANFAC	75,4
Puntos de recarga	Indicador infraestructura de recarga rápida (8)	ANFAC	8,9
	Relación entre puntos de recarga y parque electrificado (10)	ANFAC	10
Suministros de energía	Coste por 100 kms	Elaboración propia	
Importaciones de energía	Porcentaje de energía importada para el transporte (11)	Elaboración propia	Actualmente el 100%
Consumo energético	Consumo energético de los VE (15) y (16)	Elaboración propia	1760 mil
Emisiones de CO₂ globales	Emisiones totales de CO ₂ en VE (26)	Elaboración propia	
NOx	Emisiones de NOx en el uso de VE	Ministerio	Euro 6
Coste sanitario	Número de muertes prematuras por contaminación del aire	AEMA	300 mil
	Número de enfermedades respiratorias por contaminación	OMS	

Tabla 10: Selección de índices (Fuente: Elaboración propia)

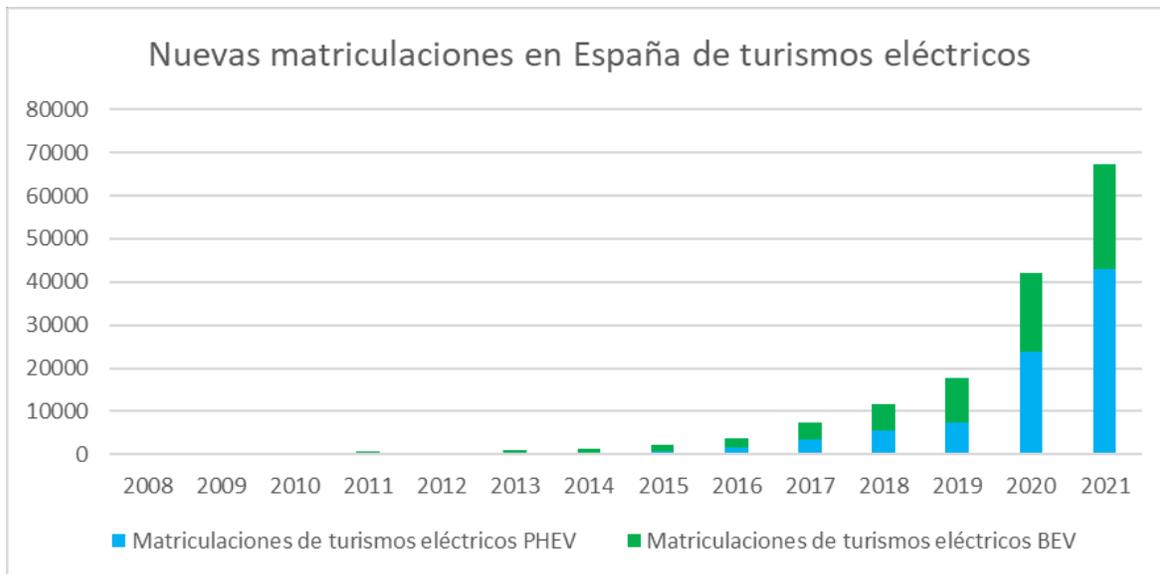
4. MOVILIDAD SOSTENIBLE EN ESPAÑA

En la primera parte del capítulo se exponen algunos conceptos e información de relevancia con respecto a los VE y la situación actual en España. Esta información recopila la evolución del desarrollo de la movilidad sostenible hasta la actualidad. Asimismo, también se identifican los principales parámetros, los cuales son necesarios para el posterior cálculo de los indicadores. Por otro lado, en la segunda parte se realizan los cálculos de los índices seleccionados y se evalúa la situación en España actualmente.

4.1 IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS E INFORMACIÓN SOBRE VE ACTUALMENTE EN ESPAÑA

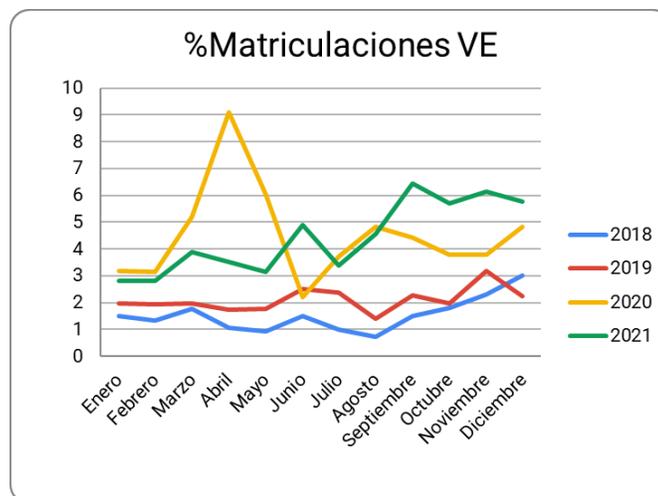
4.1.1 VEHÍCULOS

Una de las grandes incertidumbres sobre cualquier tipo de desarrollo, es poder identificar como medir su evolución. Uno de los métodos de medición, dentro de la movilidad sostenible, es contabilizar el número de nuevas matriculaciones registradas en la DGT y, así, poder recopilar el número total de VE. Durante los últimos años, en España, el número de nuevas matriculaciones ha ido incrementado de manera drástica, como se puede observar en siguiente figura:



Gráfica 7: Evolución de nuevas matriculaciones de turismos eléctricos en España (Fuente: OVEMS)

Conocer el número de matriculaciones de VE, permite poder contabilizar su desarrollo. Sin embargo, para poder evaluar con mayor detenimiento su impacto con respecto al resto de turismos, sería necesario obtener el porcentaje que muestre el número de matriculaciones de turismos eléctricos con respecto al total de vehículos en España.



Gráfica 8: Porcentaje de matriculaciones de VE (Fuente: OVEMS)

Se puede observar como a medida que pasan los años, el porcentaje de turismos eléctricos incrementa. Sin embargo, aparece una anomalía durante los meses de marzo y mayo de 2020,

coincidentes con el comienzo del COVID-19. Este incremento de porcentaje de VE no es un hecho aislado en España, sino que también se vivió a nivel mundial. Durante la época de la pandemia, surgió una caída de las matriculaciones de automóviles convencionales, sin embargo, las matriculaciones en VE incrementaron en un 70% con respecto al año anterior, llegando a alcanzar la cifra de 10 millones de automóviles eléctricos a nivel mundial en 2020. En la siguiente figura podemos observar este aumento a nivel global.

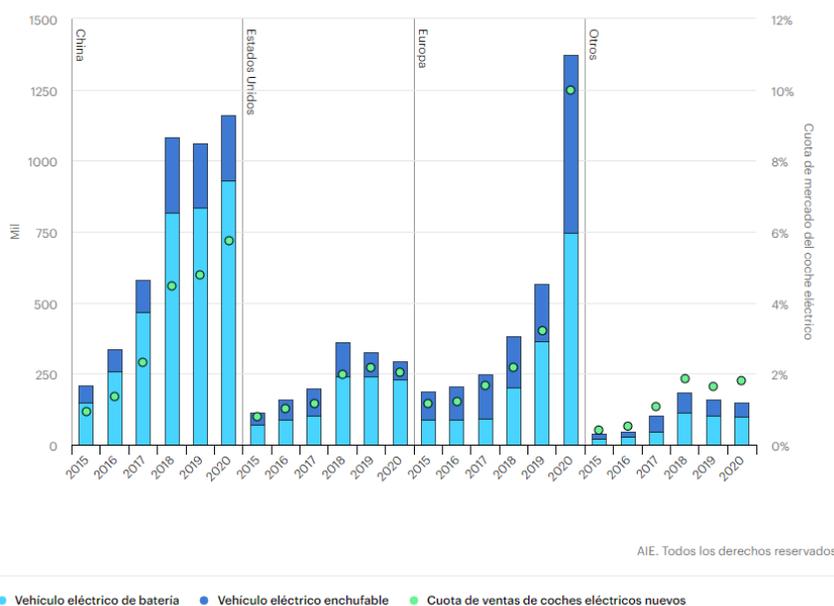


Figura 7: Registros globales de VE y cuota de mercado (Fuente: IEA. (2021b, abril))

A pesar de que se podría deducir que el número de VE comprados va a continuar incrementando durante los próximos años, uno de los métodos que se puede para conocer los deseos de los demandantes de VE es realizar encuestas. La realización de encuestas permitiría conocer quienes están interesados en la adquisición y cuáles son sus mayores intereses. Por ejemplo, en la encuesta realizada por European Investment Bank, European Investment Bank. (2021–2022), en la que se pregunta sobre la concienciación del cambio climático, se obtienen las siguientes conclusiones:

El 78% de los europeos consideran que ellos están realizando todo lo oportuno para luchar contra el cambio climático, sin embargo, consideran que sus compatriotas no realizan los

mismo. Además, a la hora de preguntarles sobre cuál sería su próximo vehículo, el 67% de los europeos determinó que su siguiente vehículo sería BEV o PHEV, en concreto 39% optaría por un híbrido enchufable, mientras que el 28% elegiría un vehículo de cero emisiones.

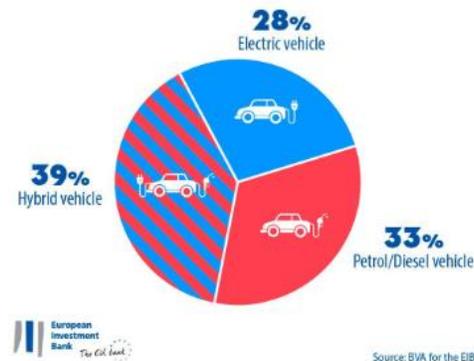


Figura 8: Compra del próximo vehículo, tipología de vehículo (Fuente: European Investment Bank. (2021–2022))

A través de los resultados obtenidos en la encuesta, es interesante recalcar como el porcentaje de interés de vehículos PHEV, es ligeramente mayor que el de BEV, que, además, se asemeja con la realidad en España. Es decir, actualmente existe una demanda mayor por los híbridos enchufables que por los de emisiones cero. Por otro lado, es evidente que el desarrollo de la movilidad sostenible cada vez está incrementando la concienciación de la problemática del cambio climático, sin embargo, un aspecto interesante a conocer sería “entre que rangos de edad tiene mayor impacto esta concienciación”. En la encuesta realizada se obtuvieron los siguientes resultados:

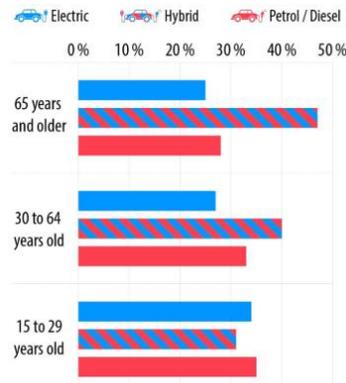
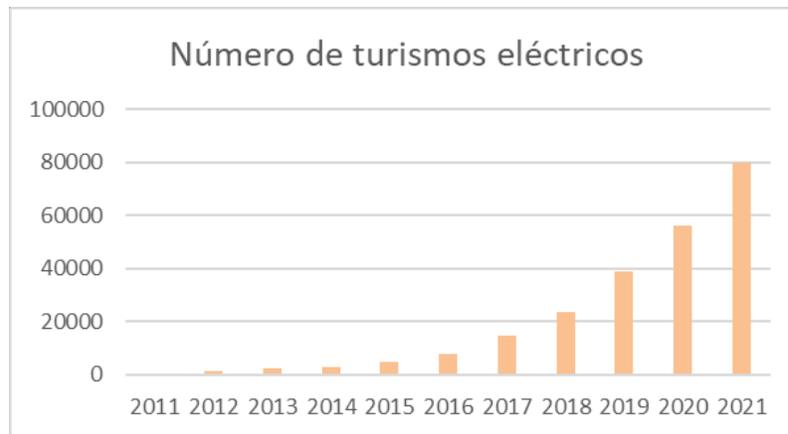


Figura 9: Resultados obtenidos diferenciando entre rangos de edad (Fuente: European Investment Bank. (2021–2022))

En los resultados de la encuesta, se obtiene que las personas dentro del rango de mayor edad son los que más interés tienen que su próxima adquisición sea un vehículo PHEV. Sin embargo, los de menor edad, a pesar de los porcentajes en la adquisición de cada tipo de vehículo se asemejen en gran cantidad, los vehículos de combustión tienen ligeramente mayor porcentaje. Estos resultados no son tan prometedores, ya que, los verdaderos vividores e impulsores de la movilidad sostenible son aquellos de las generaciones más jóvenes.

No obstante, a pesar de que los resultados obtenidos no son tan satisfactorios como debería, la UE tiene claro la necesidad de la movilidad sostenible y está comprometida con su avance. Es por esto por lo que la Comisión de Medio Ambiente de la UE ha puesto como fecha límite el 1 de enero de 2035 para la compra de vehículos de combustible, además, del objetivo de que circulen 30 millones de VE en Europa en 2030. Actualmente, la Comisión Europea estima que un 40% del mercado estará electrificado en el año 2030.

En España, el desarrollo de la movilidad sostenible ha sido muy progresivo, en la siguiente figura se puede observar el paulatino incremento del número de vehículos circulado, es en el año 2018, cuando comienza la concienciación por el desarrollo de la movilidad sostenible.



Gráfica 9: Evolución del número de turismos eléctricos en España (Fuente: OVEMS)

4.1.2 IMPULSO UE: PLANES MOVES

Para que España pueda ser participe en los objetivos propuestos por la UE, se ha marcado como logro poder obtener 5 millones de coches eléctricos en el año 2030. Dentro de estos valores, se desea que 3 millones sean correspondientes a turismos, mientras que el resto pertenezca a motocicletas, camiones y autobuses cero. En España se cuenta con aproximadamente 200 mil unidades de VE, siendo este el 4% del total al que se desea llegar. A pesar de que ahora España se encuentre muy lejos de los objetivos propuestos por la Comisión Europea, PNIEC ha establecido metas a corto plazo con el fin de poder lograr el objetivo final.

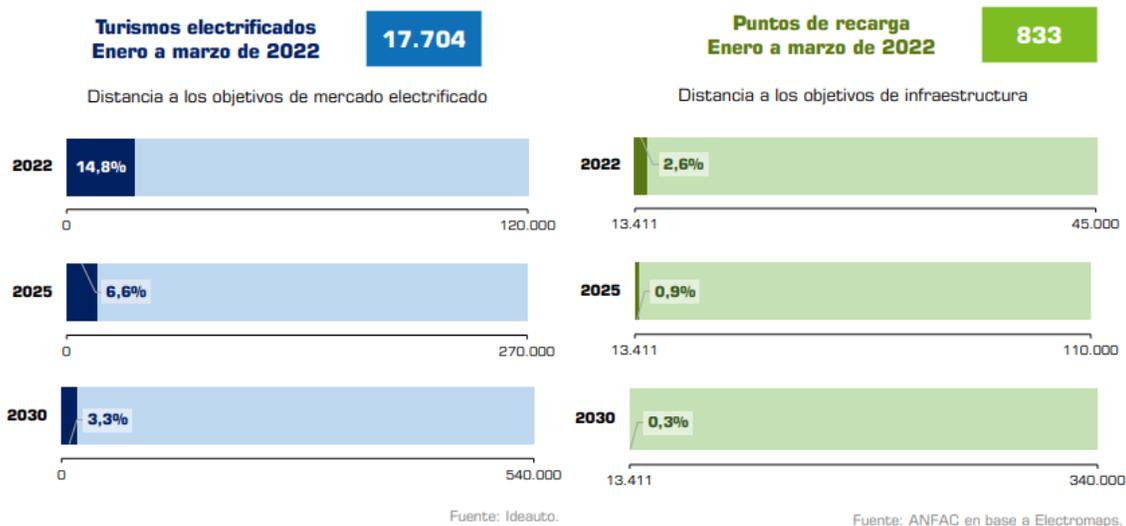


Figura 10: Análisis sobre la situación de España con respecto al objetivo de 2030 (Fuente: ANFAC. (2022, mayo))

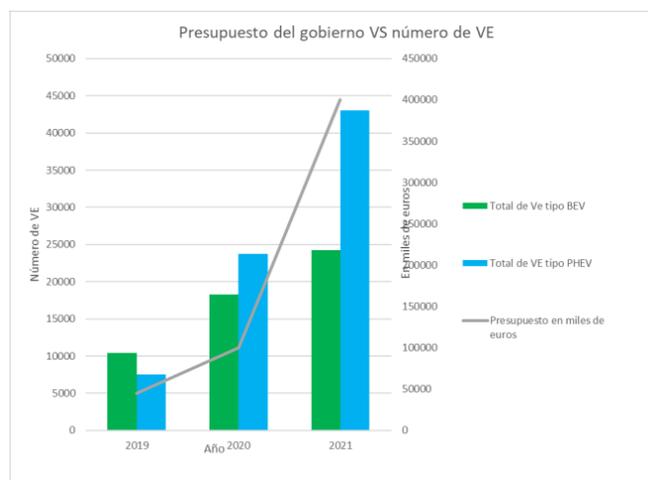
Para cumplir con la planificación propuesta y poder lograr el desarrollo de la movilidad sostenible, el Gobierno ha tenido que invertir dinero, además de crear planificaciones que regulen el avance que se desea lograr. La siguiente tabla recoge el presupuesto en cada plan MOVES, además, del progreso en el número de puntos de recarga y VE.

PLAN	MOVES I-2019	MOVES II- 2020	MOVES III-2021
Presupuesto	45.000.000 euros	100.000.000 euros	400.000.000 euros, con posibilidad de ampliación
Actuaciones	Adquisición de vehículos eficientes, instalación de infraestructuras de recarga de VE, préstamos a bicicletas eléctricas y medidas contenidas en planes de transporte al trabajo de empresas.	Adquisición de vehículos eficientes, instalación de infraestructuras de recarga de VE, préstamos a bicicletas eléctricas y medidas de movilidad sostenible al trabajo.	Adquisición de VE e implantación de infraestructura de recarga de VE
Máxima ayuda a particulares comprando un VE con entrega de uno antiguo		5.500 euros	7.000 euros

Tiempo de vigencia	RD 72/2019 de 15 de febrero RD 132/2019 de 8 de marzo	RD 569/2020 de 16 de junio RD 587/2020 de 23 de junio	RD 266/2021 de 13 de abril Hasta 2023
Número de puntos de recarga	4.069	8.545	11.517
Número de VE	BEV: 10380 PHEV: 7482 Total: 17862	BEV: 18258 PHEV: 23759 Total: 42017	BEV: 24229 PHEV: 43060 Total: 67289

Tabla 11: Comparativa en cada plan MOVES: mostrando presupuesto, número de puntos de recarga y VE. (Fuentes: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021, 9 abril) y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER))

En la siguiente gráfica, podemos observar la evolución del parque de vehículo eléctricos a medida que se va incrementando el presupuesto destinado para la movilidad eléctrica. Por otro lado, el plan MOVES I y II, se enfoca de forma más global en el desarrollo sostenible, sin embargo, en el tercero se centra de forma más concreta en la adquisición de nuevos puntos de recarga y de VE.



Gráfica 10: Evolución del presupuesto del Gobierno y número de vehículos ((Fuentes: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021, 9 abril) y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)y OVEMS)

4.1.3 FABRICANTE DE VEHÍCULOS

Durante la última década, el desarrollo de la movilidad sostenible ha ido incrementando, hasta el punto de alcanzar, en 2020, los 10 millones de turismos eléctricos a nivel global. El interés por la continuidad de este desarrollo ha provocado que, aquellas empresas fabricantes de vehículos de combustión, ahora se interesen por la fabricación de VE, incorporando nuevos modelos. Sin embargo, estas empresas no han sido las únicas interesadas en contribuir en la movilidad sostenible, ya que, ha surgido la aparición de nuevas empresas dispuestas a fabricar modelos eléctricos basados en la innovación y eficacia. Los modelos más destacados por estas empresas son los siguientes:

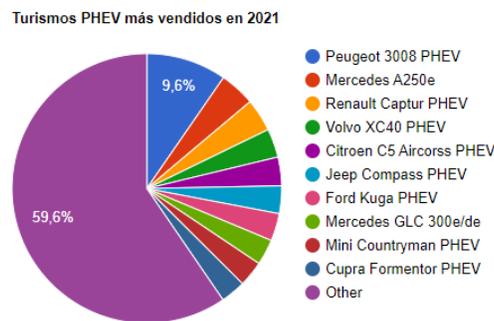


Figura 11: Turismos PHEV más vendidos en 2021 (Fuente: OVEMS)

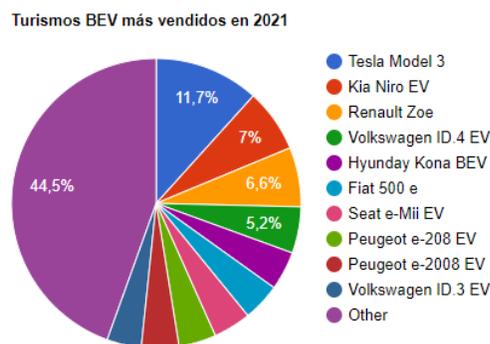
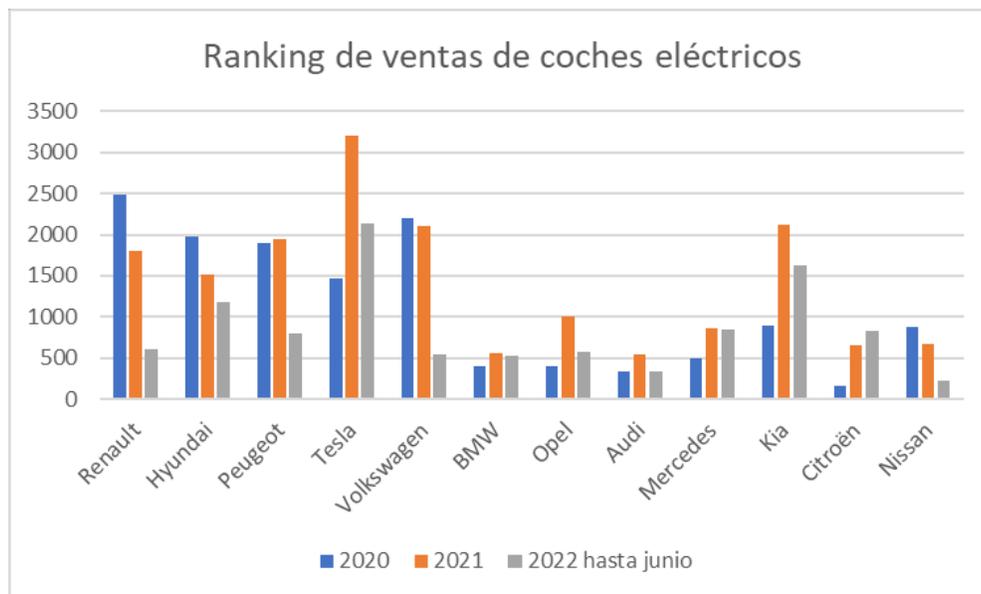


Figura 12: Turismos BEV más vendidos en 2021 (Fuente: OVEMS)

De los vehículos BEV, la empresa con mayor número de ventas es Tesla, en especial su modelo Model 3. Tesla es una empresa que se dedica no solo a la fabricación de VE de cero emisiones, sino que también suministra productos de generación y almacenamiento de

energía. En el año 2021, vendió 1436 modelos de su producto más popular, Model 3. Además, durante toda su trayectoria como empresa ha venido aproximadamente 94 mil vehículos eléctricos, proclamándose la empresa de vehículos BEV con mayor ventas.

En la siguiente gráfica, se puede visualizar el número de unidades venidas por fabricante en España. En esta gráfica se puede observar, como comentado anteriormente, como Tesla lidera en unidades venidas. Asimismo, se puede ver como el número de unidades venidas por cada fabricante va incrementando a medida que crece el desarrollo de la movilidad sostenible.



Gráfica 8: Ranking de VE vendidos por fabricante en España (Fuente: Fernández, A. F. (2022, 2 agosto, Fernández, A. (2022, 28 febrero) y Fernández, A. (2021, 11 enero))

España se encuentra en la octava posición a nivel mundial en la producción de automóviles y, es el segundo de Europa. Existen numerosas fábricas situadas por diferentes localizaciones en la región de España. En 2021, se produjeron 163.133 unidades de VE, un 70,8% más que en 2020. De todas las unidades producidas, solo el 5,1% del total fueron de vehículos BEV. Las fábricas españolas más desatacas son:

Fabrica (Localización)	Modelos

Opel-Figueruelas en Zaragoza	El 17% de los vehículos fabricados en España son elaborados ahí. Además, de se produjo la fabricaron del primer gran VE español: el Opel Corsa-e. Por otro lado, esta fábrica exporta el 89% de sus vehículos, los principales destinos son Alemania, Francia, Reino Unido e Italia.
Seat-Martorell en Barcelona	Es la fábrica española más importante, en ella se construye un coche cada 30 segundos. Posee el mejor desarrollo tecnológico y productora del Grupo Volkswagen. En la que se está elaborado la gran apuesta de la marca, el Seat Born 100% eléctrico. Asimismo, se tiene planificado la producción del Mii eléctrico.
Nissan en Barcelona	Es la planta de producción de la que salen los vehículos electrificados Leaf, uno de los VE con mayor demanda, y el Ariya.
Renault en Valladolid	Este centro de fabricación es el primero en la producción de los chasis, además, tiene una gran demanda en todo el mercado europeo. Es el productor del modelo Twizy E-Tech eléctrico, un vehículo de dos plazas 100% eléctrico de la marca Renault.
PSA en Vigo	Es la fábrica con mayores unidades producidas en España, 14,1 millones. En estos momentos son productores de los modelos eléctricos Opel Combo, el Peugeot 2008 y Rifter, el Citroën C4 Space Tourer, Grand C4 Space Tourer, C-Elysse y Berlingo y la

	Toyota Proace, además, acoplan baterías a los vehículos.
Ford- Almussafes en Valencia	Esta fábrica tiene su propia estación de ferrocarril, localiza da 25 km de uno de los puertos más importantes de España y del Mar Mediterráneo. Además de contar con la producción de modelos como Mustang Mach-E, Mondeo Hybrid, Transit Connect, Tourneo Connect, S-Max y Galaxy, también, ensamblan baterías y motores EcoBoost.

Tabla 12: Fabricas de vehículos (Fuente: Plaza, D. (2022, 29 marzo))

4.1.4 BARRERAS A LAS VENTAS DE VE

Es evidente que existe un crecimiento en el desarrollo de la movilidad sostenible, sin embargo, todavía existen barreras que limitan el completo desarrollo de la venta de VE. Las dos principales barreras serían la autonomía de los vehículos y el precio. En el comienzo del desarrollo de los VE, la autonomía de los vehículos permitía únicamente a los usuarios movilizarse en cortas distancias. En un primer comienzo, su autonomía alcanza aproximadamente los 200 km, es por ello, que los fabricantes de estos vehículos han tenido que realizar innovaciones para poder incrementar las distancias recorridas. El desarrollo ha sido tal, que en 2021, se ha duplicado la distancia capaz de recorrer, como se puede observar a continuación.

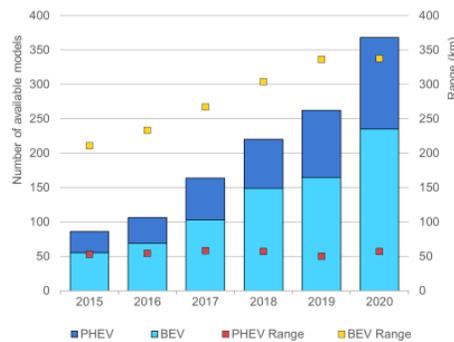


Figura 13: Evolución de la autonomía de los VE (Fuente: IEA. (2021b, abril))

La mejora de la autonomía en los VE viene dada debido a la mejora de las capacidades de las baterías, que, a medida que ha evolucionado el desarrollo de la movilidad sostenible se han ido optimizando. En la siguiente figura, podemos observar cómo el país que lidera en la optimización de las capacidades de VE es China. Por otro lado, se puede evaluar el progreso de Europa y el impulso realizado para obtener una transición energética. En 2018, Europa se encontraba por debajo de Estados Unidos en el desarrollo de la capacidad de baterías. Sin embargo, tras la propuesta realizada por la UE, en la que se determinan objetivos claros para convertir el transporte en sostenible y, la concienciación de otros países europeos como Noruega, por lograr la reducción de gases dañinos con el medioambiente, en 2019 Europa supera a Estados Unidos. Además, se puede observar cómo esta evolución continúa aumentando con el paso de los años y, cada vez se acerca más a China.

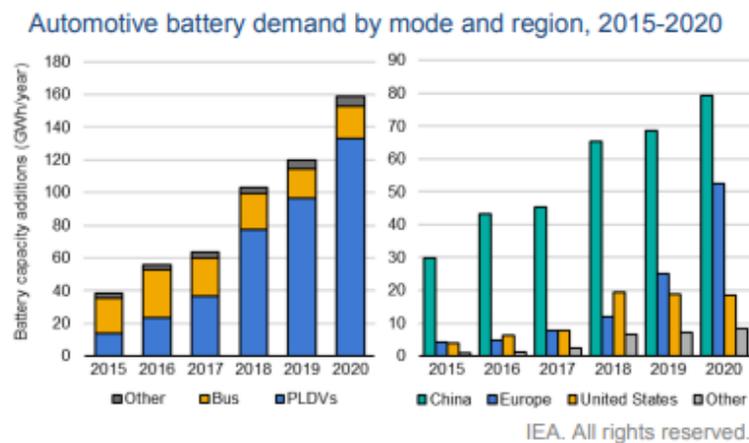


Figura 14: Evolución de las capacidades de baterías. (Fuente: IEA (2021a, abril))

Por otro lado, otra de las barreras limitando la compra de VE, es el precio. El coste de un VE es aproximadamente 30% mayor que el de un vehículo de combustión. El motivo de este incremento en el precio se debe al elevado coste de las baterías de litio. Actualmente, las baterías de litio se han reducido el precio en un 89% con respecto al valor inicial y han aumentado 73% su densidad de energía. Se prevé que el valor de las baterías continuará disminuyendo, como podemos observar a continuación.

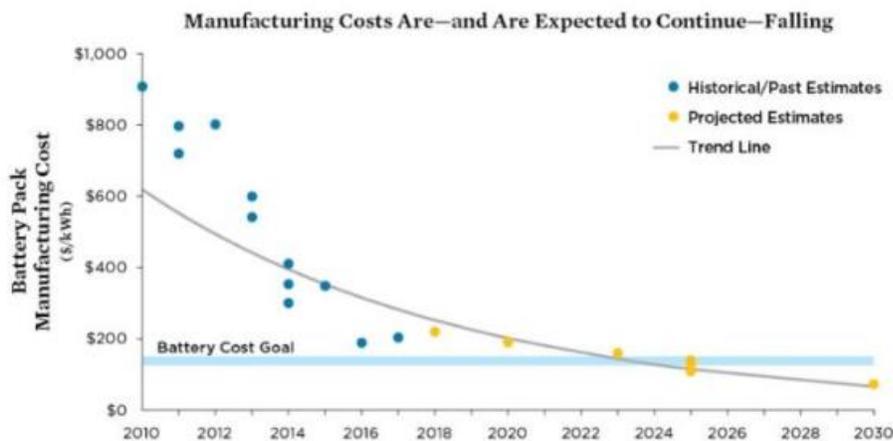


Figura 15: Evolución precio de la batería (Fuente: IEA (2021b, abril))

Por estos motivos, la actividad comercial de los vehículos ha incrementado un 10,6% convirtiendo al automóvil como primer producto de saldo positivo siendo su valor de 18.984 millones de euros dentro de la balanza comercial, según ANFAC. Asimismo, en 2021 las exportaciones de vehículos tienen un crecimiento del 8,6% con respecto al año anterior, logrando obtener 34.219 millones de euros a pesar de que en 2021 la producción de vehículos cayó un 7,5%.

4.1.5 PUNTOS DE RECARGA

En la actualidad existen aproximadamente 11,5 mil puntos de recarga de acceso público en España. El 83% de esos accesos de recarga tiene una potencia instalada inferior a 22 kW, limitando la rapidez a la que se cargan dichos vehículos. Para poder llegar al objetivo propuesto por el gobierno español, España deberá contar con aproximadamente 340 mil infraestructuras de recarga. Para ello, el Gobierno ha creado un sistema de desarrollo de

infraestructuras de recarga, que permita lograr el objetivo planteado. Para lograr esta evolución, se han establecido unos objetivos de electrificación y la aprobación de 525 millones de euros del cual el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) son responsables.



Figura 12: Objetivo de puntos de recarga para plan de 2030 (Fuente: ANFAC. (2021, julio))

No solo es el sector público el interesado en la instalación de nuevos puntos de recarga, diversas multinacionales del sector eléctrico y marcas automovilísticas también tienen este interés, de las cuales destacamos:

1. Endesa: tiene como objetivo durante los años 2021 y 2023 implantar más de 6500 puntos de recarga de acceso público, Endesa. (2020, 13 mayo).
2. Iberdrola: han realizado una inversión de 150 millones de euros, con el objetivo de instalar 150 mil puntos de recarga en hogares, empresas y la vía pública en los próximos años, Iberdrola. (2021, 21 octubre).
3. Repsol: invertirá 42,5 millones de euros, para añadirse a la suma del desarrollo sostenible, con el fin de poder instalar 610 puntos de recarga en España y Portugal, Repsol. (s. f.).
4. Cepsa: efectuará una inversión de 8 millones de euros, con el fin de poner implantar cargadores de hidrógeno cada 200 km, además de instalar puntos de recarga cada 200

km, *El plan de Cepsa: puntos de recarga cada 200 km y cargadores de hidrógeno cada 300 km.* (2022, 11 abril).

5. Tesla: recientemente anunció la apertura de 13 ubicaciones de Supercharges en España, asimismo tiene como interés el desplazamiento de su red de cargadores por diversos países europeos.

Por otro lado, se ha empleado los datos obtenidos por el estudio realizado en ecodes (Referencia), el cual ha estimado la frecuencia en la que cada punto de recarga es usado, diferenciándolo entre el tipo de infraestructura y la potencia empleada por cada tipo. En este estudio, se ha valorado que las recargas privadas se realizaran en horarios nocturnos, cuando el propietario de dicho punto de recarga haya dejado de hacer uso de su vehículo, mientras para las recargas públicas se ha valorado la rotación existente entre los vehículos que acceden a él.

Acceso de recarga	Tipo de recarga	Hábitos de recarga
Privada	Hogar	26,15%
	Trabajo	28,20%
	Depósito DUM	5,78%
	Depósito	1,02%
Pública	Lenta	18,96%
	Semi rápida	11,96%
	Rápida	2,67%
	Ultra rápida	5,18%
	Áreas de descanso	0,06%

Tabla 13: Hábitos en cada tipo de recarga. (Fuente: Ruíz, F. M. R. B., Gámiz, E. G. M., Aspiazú, I. A. P., Román, C. R. C., & Sallent, H. S. B. (2021, enero))

A la hora de realizar una comparativa entre los VE y los de combustión, sería necesario determinar una serie de parámetros que permitan comparar cada vehículo. Además, habría que distinguir entre los dos tipos de VE, debido a sus diferencias. Un aspecto necesario que conocer sería el consumo medio de los VE, para ello, sería necesario conocer la capacidad media de las baterías. Para obtener dicha media, bastaría con realizar en el sumatorio de la capacidad de todos los vehículos entre el total de vehículos. Asimismo, empleando el mismo

método se podría obtener la autonomía media de los VE. Una vez conocidos estos dos parámetros, se obtendríamos el consumo medio de un VE.

Parámetros	Tipo de VE	
	BEV	PHEV
Capacidad media en kWh	40	entre 8 y 10
Autonomía media en km	entre 200 y 500	entre 30 y 50

Tabla 14: Capacidad y autonomía media de cada tipo de VE (Fuente Ruíz, F. M. R. B., Gámiz, E. G. M., Aspiazu, I. A. P., Román, C. R. C., & Sallent, H. S. B. (2021, enero))

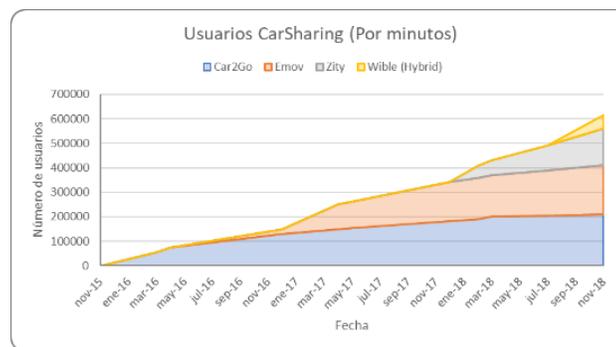
Asimismo, conociendo la capacidad del VE y la potencia instalada en el punto de recarga, se puede obtener el tiempo de recarga de un vehículo. En esta tabla se adjunta una aproximación de los tiempos que tarda en recargar dependiendo del tipo de recarga y la potencia instalada.

Acceso de recarga	Tipo de recarga	Potencia media (kWh)	Tiempo medio de recarga (horas): BEV	Tiempo medio de recarga (horas): PHEV
Privada	Hogar	3,7	10,80	2,40
	Trabajo	7,0	5,70	1,30
	Déposito DUM	7,0	5,70	1,30
	Déposito	50,0	0,80	0,20
Pública	Lenta	7,0	5,70	1,30
	Semi rápida	16,5	2,40	0,20
	Rápida	40,0	1,00	0,50
	Ultra rápida	120,0	0,33	0,20
	Áreas de descanso	300,0	0,13	0,03

4.1.6 MOVILIDAD COMPARTIDA

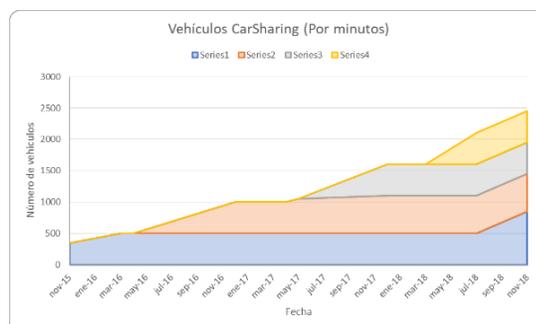
El principal objetivo de la movilidad compartida es fomentar su desarrollo a través de su fácil accesibilidad, promoviendo ventajas medioambientales y económicas. Su servicio es completamente digitalizado y comparte cuatro principales conceptos. En primer lugar, la sostenibilidad, ya que, un vehículo compartido puede llegar a sustituir 15 vehículos privados reduciendo el tráfico, la ocupación del espacio público y reduciendo los impactos en el Cambio Climático. Asimismo, al tratarse de un vehículo que emite cero emisiones, el carsharing no tiene limitaciones por lo que puede circular por cualquier zona, como, por

ejemplo, Madrid Central. Por otro lado, al ser un servicio proporcionado por empresas privadas, no hay costes en mantenimiento, seguros, aparcamiento, ni combustible únicamente se paga lo que el usuario utiliza. Por último, estos vehículos están disponibles a los usuarios todas las horas del día y para usarlos solo basta en registrarse en la aplicación, siendo de gran comodidad para sus clientes. Por estos motivos, el número de usuarios incrementa cada vez más. En la siguiente gráfica, se puede observar cómo cada vez el número de personas que se unen al desarrollo del carsharing es mayor.



Gráfica 11: Evolución del número de usuarios empleando carsharing (Fuente: OVEMS)

A medida que aumentan el número de usuarios usando carsharing, los propietarios de las empresas se ven obligados a incrementar el número de VE disponibles, como se puede observar a continuación. Es por ello por lo que, este tipo de aplicaciones son necesarias ya que participan en el aumento del desarrollo de la movilidad sostenible. Asimismo, estas empresas permiten probar a sus usuarios la experiencia de conducir un VE pudiendo impulsarles a la compra de un VE.



Gráfica 12: Evolución del número de VE obtenidos con el desarrollo del carsharing (Fuente: OVEMS)

4.2 CÁLCULO DE INDICADORES ACTUALMENTE EN ESPAÑA

En este subapartado se obtendrá la información actual de los índices comentados en el capítulo anterior.

Indicador vehículo electrificado sobre el mercado total

A través del Barómetro de la electromovilidad publicado por ANFAC en el que recopila los datos obtenidos en el primer trimestre de 2022 observamos como España se encuentra por debajo de la media de la UE en el porcentaje de VE con respecto al total de vehículos. Como podemos observar a continuación, España tiene una mejoría de 2,6 puntos en comparación con el trimestre anterior. Sin embargo, este progreso es peor que el obtenido globalmente por la UE el cual ha incrementado en un 3,3. En cuanto a las CCAA, observamos como Cataluña es la CCAA que lidera a pesar de ser Madrid la CCAA que cuenta con mayor número de VE. El motivo por el que Madrid no lidera en este índice se debe a que tiene mayor mercado de vehículos, por lo que a pesar de tener mayor número de VE el porcentaje total es mejor al obtenido en Cataluña.

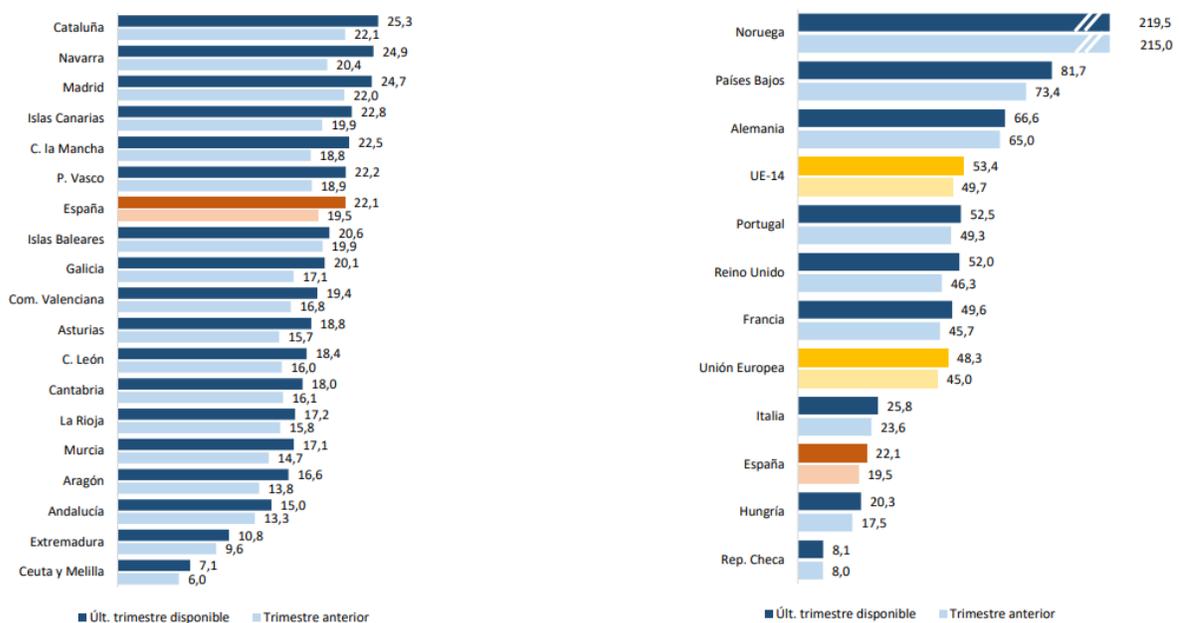


Figura 16: Indicador de vehículo electrificado sobre el mercado total (Fuente: ANFAC. (2022, mayo))

Indicador vehículos puro sobre mercado electrificado

En esta ocasión, observando el Barómetro de ANFAC, se analiza el porcentaje de vehículos BEV con respecto al total de VE. En comparación con el resto de los países participantes de la UE, España se sitúa en última posición. Estos resultados muestran como la población española se siente más persuadida por la compra de PHEV que la de uno de cero emisiones. Uno de los motivos por los que la venta de PHEV tenga mayor interés que uno BEV es que España es el país europeo que cuenta con más kilómetros en autopistas (17.109 kilómetros). Conociendo este dato y sabiendo que la autonomía media de un BEV es 350 kilómetros se podría justificar el motivo por el que España se encuentra en la última posición del ranking.

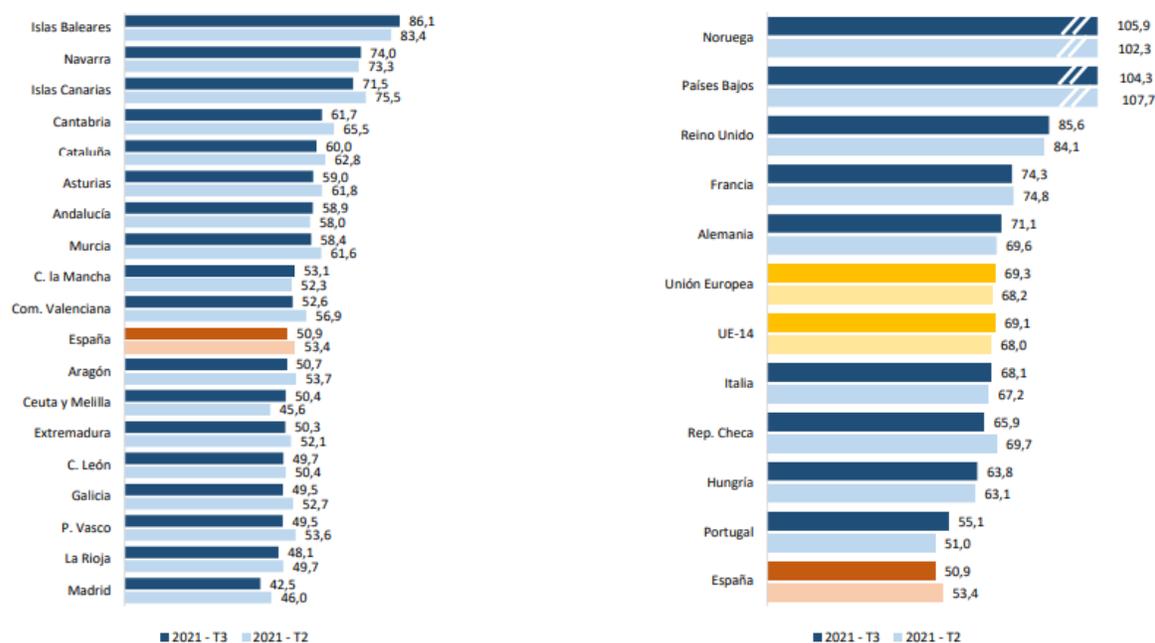


Figura 17: Indicador de vehículo eléctrico puro sobre el mercado electrificado (Fuente: ANFAC. (2022, mayo))

Indicador infraestructura de recarga rápida

Haciendo referencia al Barómetro de ANFAC, se puede analizar como España se encuentra muy alejada de los objetivos propuestos en 2030. El crecimiento de la infraestructura es muy lento, por lo que, España se sitúa en uno de los países europeos con menos evolución del ranking. Es interesante destacar como Madrid, siendo la CCAA con mayor número de VE,

se encuentra por debajo de la media española de infraestructuras de recarga. Uno de los principales motivos por los que España se encuentra en tan baja posición es porque el 83% de los puntos de recarga existentes pertenecen a aquellos cargadores con una potencia inferior a 22kW como se puede observar en la tabla mostrada a continuación.

CCAA	P≤22 [kW]	22<P<50 [kW]	50≤P<150 [kW]	150≤P<250 [kW]	250≤P [kW]	Total
Galicia	436	20	37	1	7	501
Asturias	213	23	24	0	4	264
Cantabria	132	7	12	1	0	152
País Vasco	475	28	46	4	8	561
Navarra	166	21	31	0	4	222
Aragón	340	13	38	1	6	398
Cataluña	3282	126	469	5	14	3896
Castilla y León	563	65	125	3	8	764
Comunidad Valenciana	1426	78	152	2	9	1667
Región de Murcia	298	20	30	0	4	352
Comunidad de Madrid	1473	67	135	11	12	1698
Castilla- La Mancha	217	35	53	3	4	312
Extremadura	184	29	28	2	2	245
Andalucía	1276	48	113	3	9	1449
Islas Baleares	902	8	15	0	2	927
Islas Canarias	709	14	23	0	4	750
La Rioja	58	5	8	0	0	71
Ceuta	6	0	0	0	0	6
Melilla	9	0	0	0	0	9
Total	12165	607	1339	36	97	14244

Tabla 15: N.º de puntos de recarga por CCAA y potencia instalada (Fuente: ANFAC. (2021, diciembre))

Por otro lado, el hecho de que haya tan pocos puntos de recarga rápida podría añadirse a la justificación de que la población española se sienta más atraída por los vehículos PHEV. Asimismo, España se encuentra por debajo de la media de la UE en infraestructura de recarga rápida.

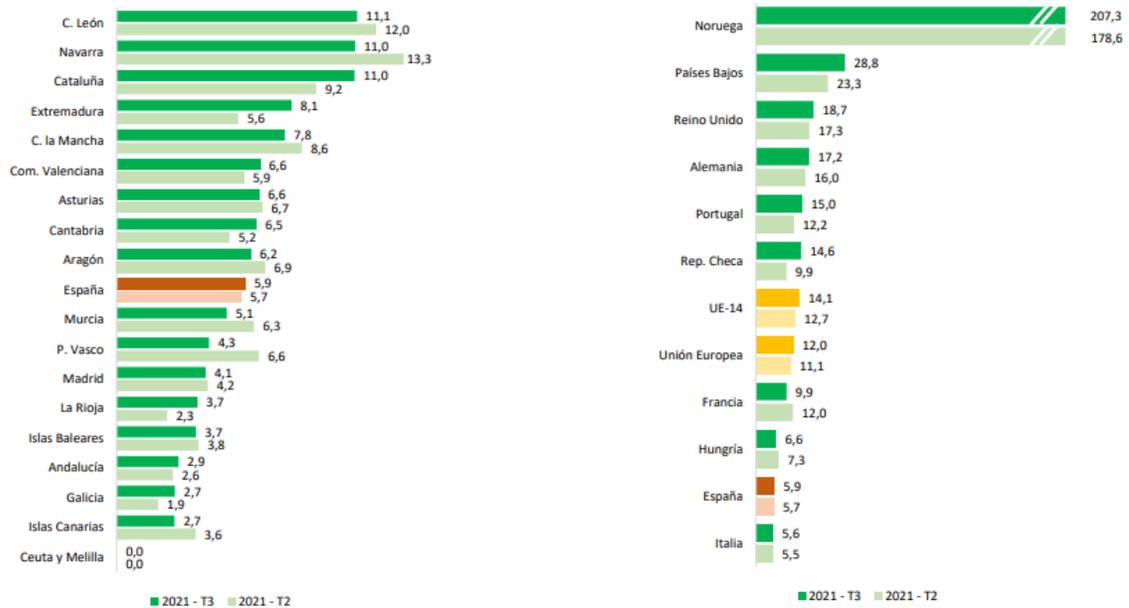
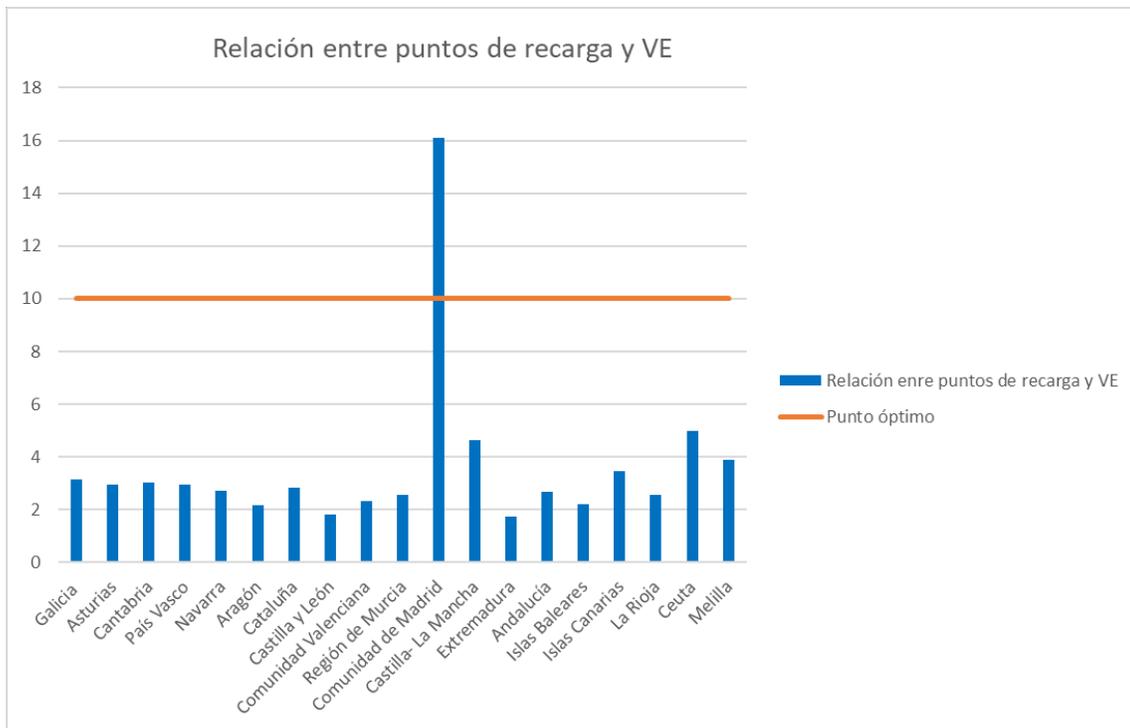


Figura 18: Indicador infraestructuras de recarga rápida (Fuente: ANFAC. (2021, diciembre))

Relación entre puntos de recarga y parque electrificado

Empleando los datos obtenidos a través del Barómetro de ANFAC y la simulación realizada por el OVEMS, se ha realizado un gráfico en el que se representa el número total de VE entre el total de puntos de recarga.



Gráfica 13: Relación entre VE y puntos de recarga por CCAA (Fuente: ANFAC. (2021, diciembre))

Según el Consejo Europeo el punto óptimo entre esta relación sería obtener 10 VE por un punto de recarga. En esta gráfica se puede observar el déficit de puntos de recarga en el que se encuentra Madrid. La falta de infraestructura de recargas en Madrid es evidente ya que es la CCAA con mayor número de VE, sin embargo, Cataluña la supera por más del doble en puntos de recarga.

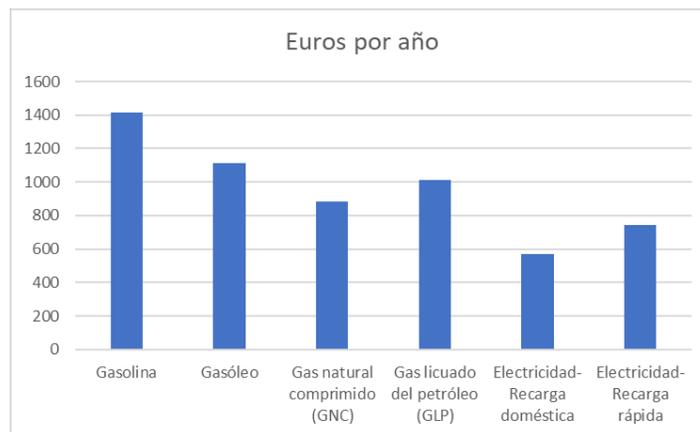
Coste por 100 kilómetros

Una de las principales ventajas de los VE son sus bajos costes a la hora de recargar las baterías. En la recarga de los vehículos de combustión se emplean combustibles derivados del petróleo. Emplear combustibles para la recarga de un vehículo supone altos costes, ya que, no solo son bienes muy demandados, sino que, además, tienen que ser importados a España. Una forma de poder comparar los suministros necesarios de cada vehículo sería contrastando los valores de cada método de recarga por euros en cada 100 kilómetros. En la siguiente tabla podemos observar los resultados publicados por el MITECO:

Tipo de combustible	Euros/100 km
Gasolina	11,32
Gasóleo	8,92
Gas natural comprimido (GNC)	7,08
Gas licuado del petróleo (GLP)	8,08
Electricidad- Recarga doméstica	4,54
Electricidad- Recarga rápida	5,93

Figura 19: Precio por 100 km en la recarga de cada tipo de combustible (Fuente: Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022, 28 junio))

Analizado los euros por 100 km gastados en cada tipo de vehículo, se puede observar cómo los vehículos recargados por electricidad son claramente los de menor precio. Empleando los datos del INE en el que se estima que el promedio de kilómetros recorridos por un vehículo en un año en España es de aproximadamente 12500 kilómetros, podemos obtener cuantos euros gasta cada tipo de combustible.



Gráfica 14: Comparativa entre combustibles de los euros empleados en la recarga de cada tipo de vehículos por año (Fuente: Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022, 28 junio))

En esta gráfica, se puede observar cómo recargando un VE a través de la recarga doméstica te permite ahorrar la mitad de dinero a si emplearas un vehículo de gasolina.

Porcentaje de energía importada para el transporte

Empleando los datos obtenidos por la simulación del OVEMS se obtiene que actualmente España importa el 99,7% de la energía obtenida para el transporte. Esto se debe a que en España se importa todas las materias primas necesarias para el uso del transporte.

Consumo energético de los VE

La eficiencia es la relación entre la energía obtenida y la energía consumida, es decir, es la que mide el rendimiento. Los vehículos eléctricos tienen un rendimiento del 75%, esto se debe al uso de baterías de iones de litio, las cuales son más eficientes a los motores de combustión además de mantenerse con un óptimo estado de carga. Se conoce que el vehículo eléctrico es una herramienta clave para la reducción del CO₂ y la dependencia energética, sin embargo, los VE también brindan la oportunidad de mejorar la eficiencia global del sistema energético. Red Eléctrica de España (REE), Red Eléctrica de España. (2020, 17 diciembre), considera al VE como aliado para convertir el sistema eléctrico más eficiente y para incrementar la integración de las energías renovables. La manera de obtener esto sería mediante el aplanamiento de la curva de demanda de energía. Este aplanamiento se basaría en reducir el consumo en las horas punta del día e incrementarlo en las horas valle mediante la recarga de los VE. Este funcionamiento de la demanda permitiría la optimización de las infraestructuras eléctricas, además del aprovechamiento de las energías renovables las cuales son difíciles de gestionar. Para poder lograr esta eficiencia será necesario incentivar a los usuarios mediante los precios de recarga a recargar en las horas valle. Si a largo plazo se lograra la recarga de los VE durante la noche, se podría obtener un sistema de almacenamiento de energía en el que se vierta de nuevo a la red en los picos de demanda la energía almacenada durante la noche.

A la hora de determinar el consumo de un VE habrá que determinar los kWh por 100 km que consume cada tipo de VE. Para ambos tipos de VE, BEV y PHEV, el consumo se encuentra entre 12 y 20 kWh, por lo que el consumo medio en las baterías sería de aproximadamente 16 kWh. En el caso del vehículo PHEV, normalmente los vehículos consumen electricidad únicamente en zonas urbanas, cuando circulan por carretera suelen consumir gasolina o diésel, este consumo se encuentra entre los 5 a 7 litros por 100 km. A través de la simulación realizada por el OVEMS, podemos observar como el consumo en VE cada vez es menor en zonas urbanas, lo que resulta coherente debido a que un incremento en la velocidad supone un aumento en consumo. Por otro lado, que exista un aumento en el consumo por carretera en los vehículos PHEV tiene sentido ya que para esta zona sustituirían

las baterías eléctricas por el motor de combustión, el cual consume más. Sin embargo, el hecho de que un BEV consuma más en zonas interurbanas implica que existe una mejora en las capacidades y autonomías de los vehículos. La mejora en la autonomía de los VE resulta muy significativa ya que el aumento en la autonomía implica que cada vez se asemeja más a un vehículo de combustión eliminando las barreras en contra del VE.

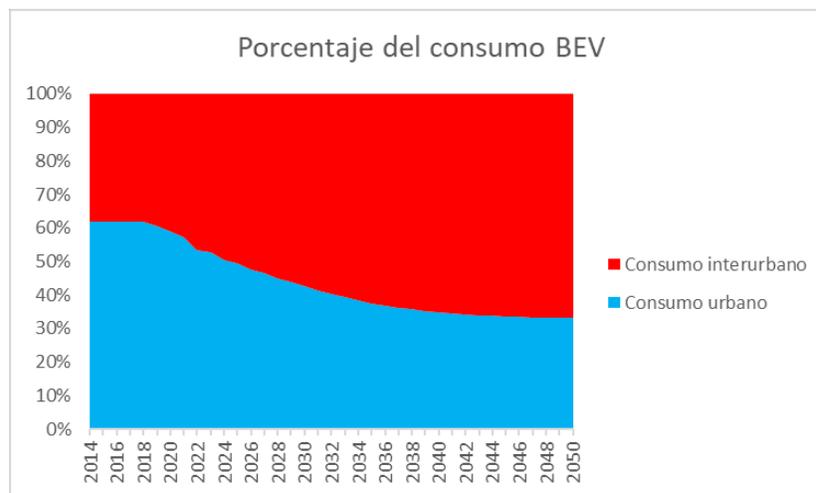


Figura 20: Distribución del consumo variando entre zona urbana e interurbana en BEV (Fuente: OVEMS)

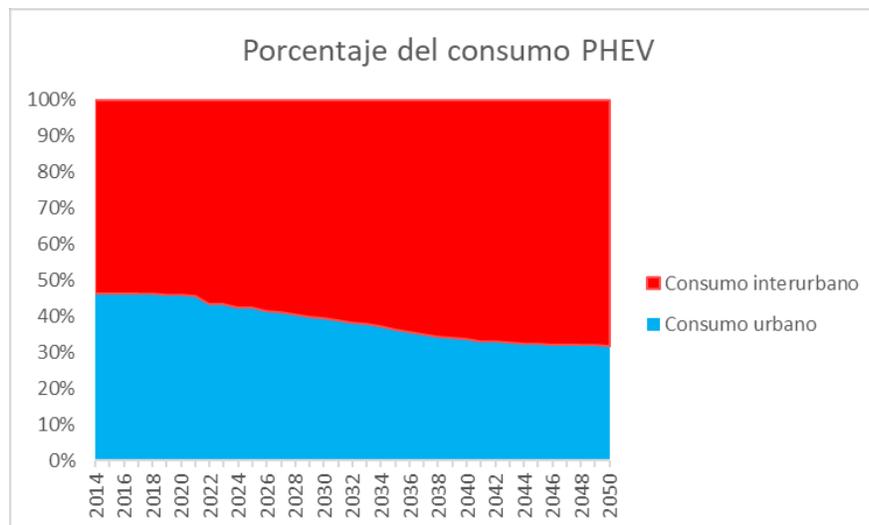
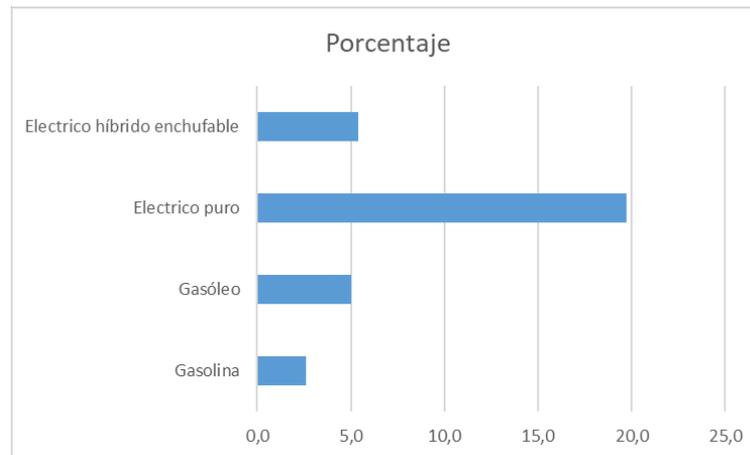


Figura 21: Distribución del consumo variando entre zona urbana e interurbana en PHEV (Fuente: OVEMS)

Realizando una comparativa del consumo entre la simulación realizada por el OVEMS y una estimación realizada empleando las fórmulas comentadas en el capítulo 3, para el año 2022 sale la siguiente diferencia en porcentaje.



Gráfica 15: Diferencia entre la simulación del OVEMS y la estimación de cálculos (Fuente: Elaboración propia)

La mayor diferencia entre los cálculos de la simulación y la estimación de cálculos realizados es en el eléctrico puro. Uno de los motivos por los que sale esta diferencia tan alta es por el poco consumo por parte del vehículo BEV en 2022. Por otro lado, a la hora de realizar los cálculos al existir tanta variedad de vehículos es difícil determinar con exactitud el consumo medio de vehículos y diferenciarlo entre por zona urbana e interurbana. Otro aspecto que considerar a la hora de calcular el consumo es el factor de conversión de litros de gasóleo y gasolina a kWh, ya que, para poder determinar el consumo de forma apropiada es necesario poner todo en las mismas unidades. En este caso se ha supuesto que para la gasolina un litro es equivalente a 9,61 kWh y para el gasóleo un litro es 10,7 kWh. Además de emplear distintos consumos dependiendo de si circula por zona urbana o interurbana, para el vehículo PHEV se ha supuesto que consume electricidad cuando circula por urbanismos mientras que consume combustible cuando circula por carretera. Los resultados obtenidos del consumo en España en el año 2022 por el transporte son los siguientes.

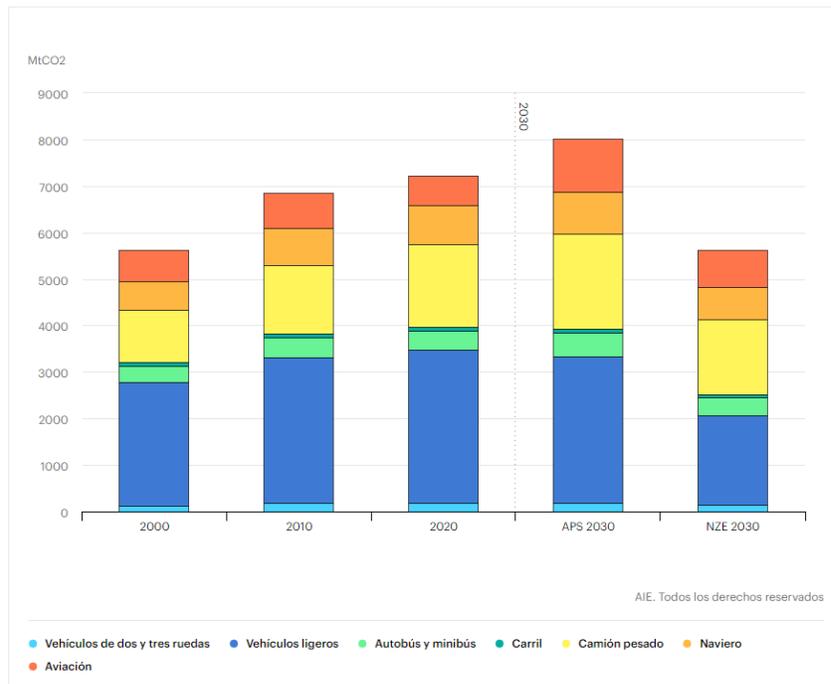
	Simulación (GWh)	Cálculos (GWh)
Gasolina	64.258,4	62.576,6
Gasóleo	109.900,5	104.411,5

Eléctrico puro	134,9	108,3
Eléctrico híbrido enchufable	594,0	561,9

Tabla 16: Resultados obtenidos del consumo en 2022 (Fuente: Elaboración propia)

Emissiones totales de CO₂ en VE

Debido a las restricciones impuestas durante la pandemia del Covid-19 las emisiones de CO₂ a nivel mundial relacionadas con el sector del transporte se redujeron más de un 10% en 2020 con respecto al año anterior. A pesar de que se prevé un crecimiento en la demanda de transporte y debido al escenario de cero emisiones netas en el año 2050, se requiere que las emisiones de CO₂ lleguen a 5,7Gt en el año 2030. Para lograr esta reducción de emisiones se depende de las políticas aplicadas para fomentar la movilidad de forma que se emitan el mínimo de emisiones y promover la eficacia energética. Es por ello por lo que se han propuesto la prohibición de ventas de vehículos de combustión en el año 2035 y, que los vehículos eléctricos representen el 20% del total de vehículos en 2030. El cumplimiento de estos objetivos logrará garantizar un encaminado desarrollo en la movilidad sostenible. Como podemos observar, durante las últimas décadas, los vehículos ligeros, el transporte pesado y el transporte marítimo han sido los que más crecimiento han tenido en la contribución de emisiones.



Gráfica 16: Emisiones mundiales de CO₂ en el sector del transporte (Fuente: IEA. (2021a, abril))

En 2020, el número de turismos eléctricos alcanzó los 10 millones, teniendo una participación del 1%. A su vez, el número de unidades de camiones eléctricos llegó a 30.000 unidades y hubo un incremento en las matriculaciones de autobuses eléctricos. Sin embargo, la falta de desarrollo en promover la reducción de emisiones en los SUV y vehículos grandes ha logrado un estancamiento en el consumo de combustible y la reducción de emisiones de CO₂. Para poder lograr la movilidad sostenible será necesario acercarse al máximo a las cifras de todos los objetivos propuestos.

Empleando un artículo publicado por Volkswagen en el que se compara las toneladas de CO₂ en la producción, mantenimiento de vehículos diésel, gasolina y eléctrico. En este artículo usan su modelo eléctrico ID.3, el cual tiene una capacidad de 62 kWh y una autonomía de 440 km. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

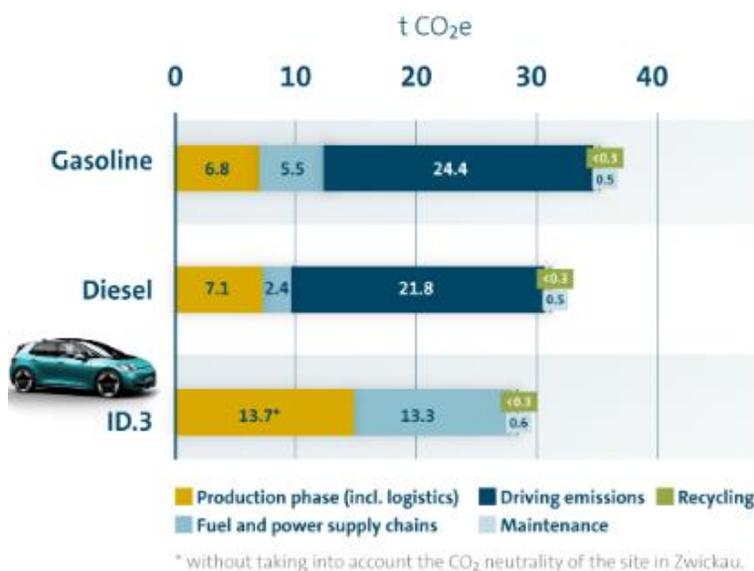


Figura 22: Representación de toneladas de CO₂ por cada proceso de un vehículo (Fuente: Volkswagen. (2021, 8 febrero))

De los resultados obtenidos en el estudio, podemos observar como el VE eléctrico supera por más del doble en emisiones a los vehículos de motor de carburante en el proceso de fabricación. En esta fase se incluyen la extracción de materias primas y el proceso de acabado de todos los componentes. El motivo de esto se debe a las baterías de iones de litio las cuales dependen de la capacidad de la batería, como se puede observar en la siguiente tabla. Cuanto mayor sea la capacidad disponible, mayor serán los kilogramos de CO₂ que se desprenden. Asimismo, los VE además de emplear un motor y una batería necesitan un inversor. El funcionamiento del inversor se basa en modificar la energía de las baterías para poder transmitirla al motor, añadir el inversor en el proceso de producción provoca mayores emisiones de CO₂.

Componentes	tCO ₂
Batería de litio	3,8
Chasis	1,9

Carcasa de la batería (aluminio)	0,9
Electrónica	0,7
Ruedas	0,7
Producción y logística	1,1
Resto de componentes	4,6

Tabla 17: Toneladas de CO₂ por el mantenimiento de cada componente (Fuente: Volkswagen. (2021, 8 febrero))

Por otro lado, en cuanto a las emisiones de mantenimiento podemos observar su similitud. En la tabla mostrada a continuación observamos los kilogramos de CO₂ por la realización de cada tipo de mantenimiento.

Tipo de mantenimiento	kg	por
Neumáticos	108	juego
Batería de 12V	19,5	unidad
Aceite	3,22	intervención
Líquido refrigerante	7,03	servicio

Tabla 18: Emisiones de CO₂ por cada tipo de mantenimiento (Fuente: Gutiérrez, D. (2022, 11 julio))

Asimismo, analizado la gráfica de emisiones podemos evaluar la gran diferencia en el uso de los distintos vehículos. Es en el uso de los vehículos donde se observa la importancia de los VE en la reducción de CO₂. A pesar de que durante la producción el número de emisiones es mayor, el emitir cero emisiones durante su uso hace que durante su vida útil el número total de toneladas de CO₂ sea menor. En la siguiente tabla se puede observar los gramos por kilómetros emitidos en el uso de cada tipo de vehículo por combustible.

Tipo de combustible	Emisiones de CO ₂ [g/km]
Diésel	155,93

Gasolina	165,16
HEV	135,60
LPG	156,90
BEV	0,00
PHEV	48,14
CNG	130,10

Tabla 19: Emisiones de CO₂ (g/km) de cada tipo de combustible (Fuente: OVEMS)

Por último, en 2021 el 46,7% de la electricidad se obtuvo a través de fuentes de energía renovable disminuyendo las emisiones de CO₂ en un 0,5% con respecto al año anterior. A medida que crece el porcentaje en el que se emplea las renovables, el número de emisiones de gases contribuyentes al efecto invernadero disminuye. Por estos motivos si en las recargas de VE se emplease energías renovables el número de emisiones de CO₂ relacionadas con los vehículos eléctricos disminuirían. Es decir, incrementar el número de MWh cubierto por energías renovables provocaría una disminución en la cantidad de kg por kWh producido por la generación de energía que a su vez reduciría los kilogramos emitidos en la recarga de VE convirtiéndoles en menos contaminantes y más eficientes.

Emisiones de NO_x en el uso de VE

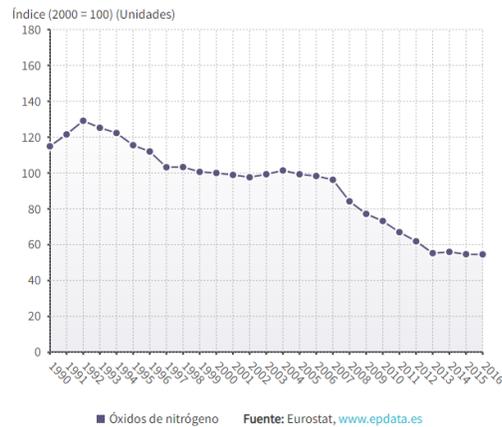
A pesar de que el Gobierno haya impuesto una serie de limitaciones en la cantidad de gramos un vehículo es capaz de emitir, no todos los vehículos cumplen con estas normativas. En la tabla mostrada a continuación podemos observar la cantidad de miligramos por kilómetro emitida por cada tipo de combustible.

Tipo de combustible	Emisiones de NO _x [mg/km]
Diésel	341,41

Gasolina	67,35
HEV	6,55
LPG	72,01
BEV	0,00
PHEV	41,44
CNG	52,51

Tabla 20: Emisiones de NOx (mg/km) de cada tipo de combustible (Fuente: OVEMS)

En este caso, podemos observar como el combustible liderando con el máximo número de emisiones es el diésel. Esto se debe a las grandes temperaturas y altas presiones necesarias para el funcionamiento del motor, provocando más emisiones de NOx. Hace unos años la diferencia entre las emisiones de los vehículos de gasolina y diésel era mucho mayor, sin embargo, la creación de filtros que eliminasen el número de partículas emitidas ha provocado que cada vez las cifras se asemejen más. Por último, a pesar de que las normativas limitando la cantidad de emisiones que cada vehículo tiene como permitido emitir no se haya cumplido del todo, las emisiones globales han ido disminuyendo con el paso de los años, como podemos observar a continuación.



Gráfica 17: Evolución en las emisiones de NOx procedentes del transporte en España (Fuente: Epdata. (s. f.))

Número de muertes prematuras por contaminación del aire

Actualmente, existe una gran preocupación sobre los niveles de contaminación atmosférica, en 2021, estos niveles se sobrepasaron a los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y se superaron a los niveles de calidad legales. Incluso se llegaron a alcanzar 30.000 fallecimientos a causa de muertes prematuras debido a contaminaciones atmosféricas, siendo una cifra muy preocupante ya que es el doble a las que había hace 20 años. De las muertes prematuras, 23.300 de ellas fueron a causa de partículas PM2,5, 6.250 se vieron afectadas por NO₂ y el resto por la emisión de ozono.

Número de enfermedades respiratorias por contaminación

En 2021, se ha reducido emisiones de gases dañinos para la salud y el medioambiente, además el Gobierno y la UE cada vez se han convertido más estrictos con los niveles de gas permitidos. Actualmente 11,3% de la población española ha respirado aire que incumple con los estándares legales. A pesar de la preocupación de la cifra, este valor es el más bajo desde la última normativa puesta en la que se establecen los límites legales europeos de emisiones. Sin embargo, en caso de aplicar los límites impuestos por la OMS, muchos más estrictos que los europeos, toda la población española respiró gases contaminante por encima de los recomendados.

Durante los últimos dos años, el ozono troposférico ha sido el gas que más ha afectado a la población y el territorio. En 2021, afectó al 96,1% de la población española según los valores recomendados por la OMS. Por otro lado, el coste sanitario y laboral procedente de la contaminación atmosférica es de 50.000 millones de dólares, siendo un 3,5% del PIB español, según los datos publicados por el Banco Mundial. Estos daños no incluyen los daños que afectan a los cultivos y ecosistemas naturales. Asimismo, también existe una preocupación por el producto químico cancerígeno benzopireno el cual afecta a las zonas rurales e industrias siderometalúrgicas. En la tabla mostrada a continuación se observa cómo según la legislación el porcentaje de personas afectadas cada vez es menor, sin embargo, según los valores máximos recomendados por la OMS cada año hay más personas afectadas hasta el punto en el que 2021 el 100% de la población ha sido afectada por la contaminación atmosférica.

■ Población y vegetación afectada por la contaminación (2014-2021)

Año	Protección de la salud				Protección de la vegetación			
	Legislación		OMS		Legislación		Largo plazo	
	Hab.	%	Hab.	%	km ²	%	km ²	%
2014	15.516.568	33,2	44.671.171	95,5	263.029	52,1	473.981	93,9
2015	18.539.593	39,8	45.949.904	98,6	322.233	63,8	478.388	94,8
2016	16.946.545	36,4	43.711.066	93,9	254.695	50,5	454.935	90,1
2017	17.525.755	37,6	45.839.918	98,4	295.868	58,6	442.231	87,6
2018	14.859.571	31,8	45.205.611	96,8	253.509	50,2	464.952	92,1
2019	12.519.537	26,6	44.210.059	94,0	253.449	50,2	443.794	87,9
2020	9.095.562	19,2	41.958.864	88,4	152.697	30,3	402.088	79,7
2021	5.367.892	11,3	47.385.107	100,0	122.200	24,2	400.207	79,3

Tabla 21: Población y vegetación afectada por la contaminación (Fuente: España registra hoy el doble de muertes prematuras por contaminación del aire que hace 20 años. (2022, 29 junio))

4.3 CONCLUSIÓN

Actualmente, España se encuentra alejado del objetivo de 2030, alcanzar 3 millones de turismos en ese año. Para poder lograr el objetivo el Gobierno español ha decidido invertir dinero con el fin de realizar subvenciones que reduzcan el coste de los VE y así poder incrementar el porcentaje de matriculaciones cada año. En el año 2021 el Gobierno español invirtió 400 millones con el fin de incentivar a la compra de vehículos eléctricos proporcionando subvenciones e instalar infraestructuras de recarga. Por otro lado, en cuanto

a los puntos de recarga España se encuentra en un gran déficit de infraestructura de recargas con potencias rápidas y ultra rápidas. Actualmente, únicamente el 14,6% de los puntos de recarga son de potencias superiores a 22 kW, situando a España en el país europeo con menor proporción de puntos de recarga rápida. Posiblemente este déficit sea el causante de que los compradores de VE en España prefieran adquirir vehículos PHEV antes que vehículos BEV. Asimismo, a través del Barómetro de ANFAC se ha observado como España se encuentra por debajo de la media de la UE en el desarrollo de la movilidad sostenible. En todos los indicadores que analizan el número de vehículos y puntos de recarga, España se sitúa por debajo de la media de la UE. Además, hemos podido observar a través de la relación entre los VE y puntos de recarga como ninguna CCAA se encuentra cerca del punto óptimo. Esto se debe a que el desarrollo de los VE no ha tenido tanta repercusión en España como en el resto de los países europeos. Sin embargo, debido a la ley impuesta por el Gobierno, en el que se prohíbe la compra de vehículos de combustión a partir del año 2035 se prevé que el desarrollo de la movilidad sostenible incrementará con el paso de los años.

Por otro lado, en referencia al consumo energético en 2022 hemos obtenido unas cifras muy pequeñas en el consumo de VE en comparación con las obtenidas por los vehículos de combustión. El motivo de estas cifras tan bajas se debe a la gran diferencia en el número de VE y de combustión. A medida que se incremente el número de VE y estos sustituyan a los vehículos de combustión, se obtendrá un mayor consumo por parte de los VE y existirá una reducción en el consumo energético total. Asimismo, el bajo número de VE y por consecuencia su reducido consumo provoca que el 100% de la energía empleada tenga que ser importada. Es por ello por lo que a medida que aumente el consumo de VE y con el desarrollo de las energías renovables se logrará reducir el número de energía importada en el transporte. En la siguiente tabla podemos observar el consumo por 100 km de cada tipo de vehículos, además de la energía que es importada y su porcentaje.

Tipo de combustible	kWh por 100 km	Energía Importada (KWh)	Porcentaje importado (%)
Gasolina	48,05	48,05	100
Gasóleo	53,5	53,5	100
BEV	16	7,312	45,7

PEHV	33,3875	29,7315	89,05
------	---------	---------	-------

Tabla 22: Consumo e importaciones de cada tipo de vehículo (Fuente: OVEMS)

Por último, en esta sección se ha podido comprobar como al final de la vida útil de un VE se emiten menos emisiones de dióxido de carbono que de uno de combustión. Sin embargo, a la hora de fabricar un VE se emiten más emisiones en comparación con uno de combustión. El motivo por el cual se emiten mayor número de emisiones en la fabricación de un VE es por las baterías de litio, emitiendo 3,8 toneladas de CO₂ situándose en el componente que más emite en la fabricación de un VE. Es por ello por lo que para poder reducir más estas emisiones los fabricantes deberán encontrar nuevas formas para fabricar VE sin la necesidad de emitir tanto. Asimismo, tanto el Gobierno español, la UE y la OMS están totalmente concienciados en la reducción de todo tipo de gases o partículas que contribuyan al cambio climático o provoque enfermedades respiratorias, por este motivo cada vez los límites impuestos por estas organizaciones son cada vez más exigentes. Esta preocupación por reducir los límites de emisiones es cada vez más preocupante ya que en este último año el número de muertes prematuras por contaminación atmosférica fueron más del doble que la cifra de muertes obtenida hace 20 años.

5. ESCENARIOS DE MOVILIDAD FUTURA EN ESPAÑA

El principal objetivo de este capítulo es realizar una predicción de la evolución del parque eléctrico, para ello, se empleará la simulación realizada por el OVEMS. Asimismo, se estimará y analizará el progreso de los factores más relevantes del VE.

5.1 ESTIMACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL PARQUE ELÉCTRICO

5.1.1 VEHÍCULOS

Empleando la simulación realizada por el OVEMS, se puede observar la evolución del parque de vehículos a lo largo de los años hasta el 2050. En la Figura 23: Evolución del parque de vehículos, se visualiza como los vehículos de combustión comenzarán a disminuir a partir del año 2035. El principal motivo de esta reducción se debe a la ley impuesta por el Gobierno, en el que prohíbe la venta de vehículos de combustión en el año 2035, dando un libre paso al desarrollo de la movilidad sostenible. Es por ello por lo que, junto a esta nueva legislación y, a la gran iniciativa de lograr la movilidad sostenible, la flota de VE incrementará hasta el punto de obtener más coches eléctricos que de combustión. Asimismo, los resultados de esta simulación cumplirían con el objetivo de 2030, pudiendo lograr a los 3 millones de turismos eléctricos. Además, se puede observar como la flota total de vehículos continuarán en aumento hasta que aproximadamente en el año 2045 se estabilice. La principal causa de ese aumento se deberá a los vehículos BEV, en mayor cantidad, sin embargo, los PHEV también serán participes, sustituyendo a los vehículos diésel y de gasolina.

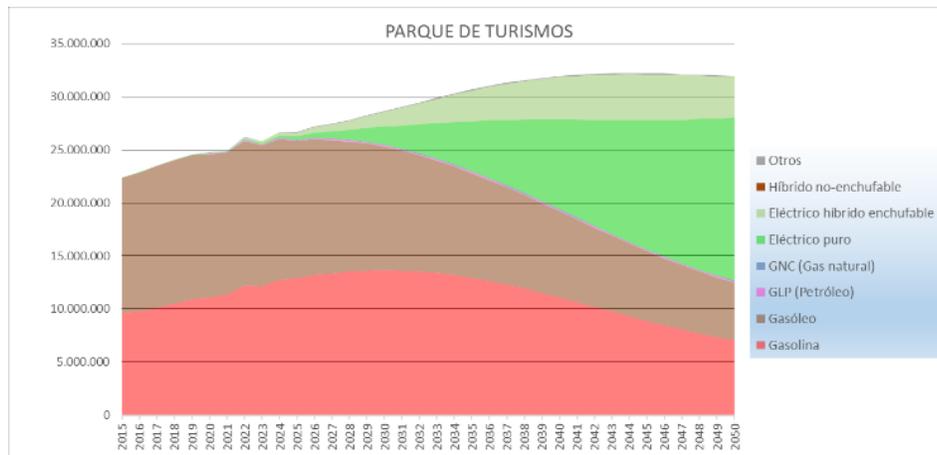


Figura 23: Evolución del parque de vehículos (Fuente: OVEMS)

5.1.2 FABRICANTES DE VEHÍCULOS

Para poder cumplir con los objetivos de la movilidad sostenible es necesario que los fabricantes de VE inviertan y fabriquen nuevos modelos eléctricos. Para ello, los fabricantes también tienen que planificar objetivos en los que sustituyan sus modelos antiguos de vehículos de combustión en nuevos modelos eléctricos. En la figura mostrada a continuación se muestra las planificaciones realizadas por diferentes fabricantes para lograr el desarrollo de la movilidad sostenible. Por otro lado, todos los fabricantes tendrán que concienciarse de que en 2035 se dejarán de vender vehículos de combustión por lo que tendrán que adaptarse al desarrollo de VE.

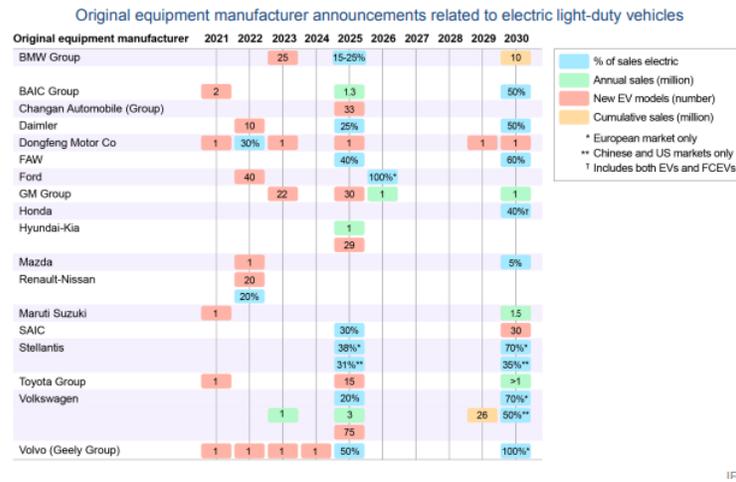


Figura 24: Planificación de fabricantes en el desarrollo de VE (Fuente: IEA(2021a, abril))

5.1.3 DISTANCIA RECORRIDA

En esta simulación se ha realizado una estimación del número de kilómetros recorridos tanto en zona urbana como por carretera, tomando como base un total de 286.000 Gm por año recorridos por todos los tipos de vehículos. Es evidente, como se puede observar en las gráficas que las distancias recorridas en las zonas urbanas son menores que las distancias a las de carretera. Además, actualmente debido al gran número de vehículos de combustión existentes y su gran autonomía en comparación con los VE, la mayoría de los traslados en turismos son realizados por vehículos que emplean combustible. Sin embargo, tras detener las ventas de los vehículos de combustión y la continuación de la movilidad sostenible, se puede observar cómo los VE serán sus sustitutivos tanto en recorridos de larga, como los de corta distancia. Para poder igualar un vehículo de combustión con un eléctrico, habrá que optimizar el tiempo de recarga de los VE, además, de mejorar su autonomía.

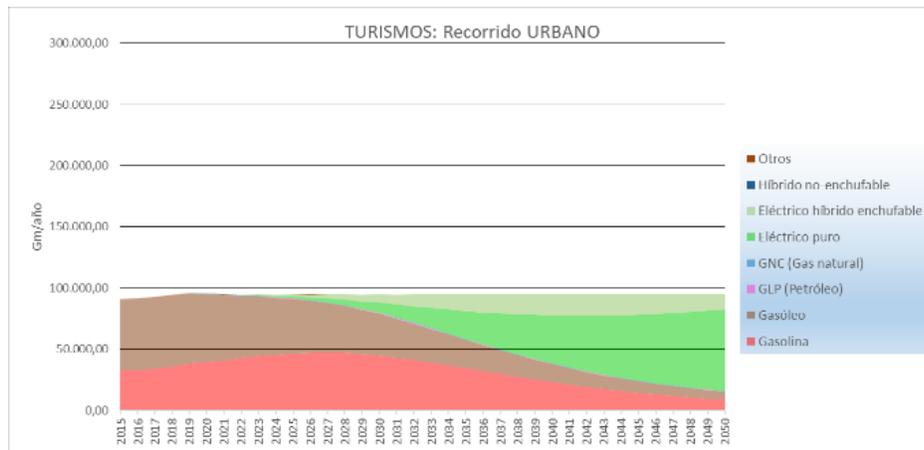


Figura 25: Distancia recorrida en zona urbana (Fuente: OVEMS)

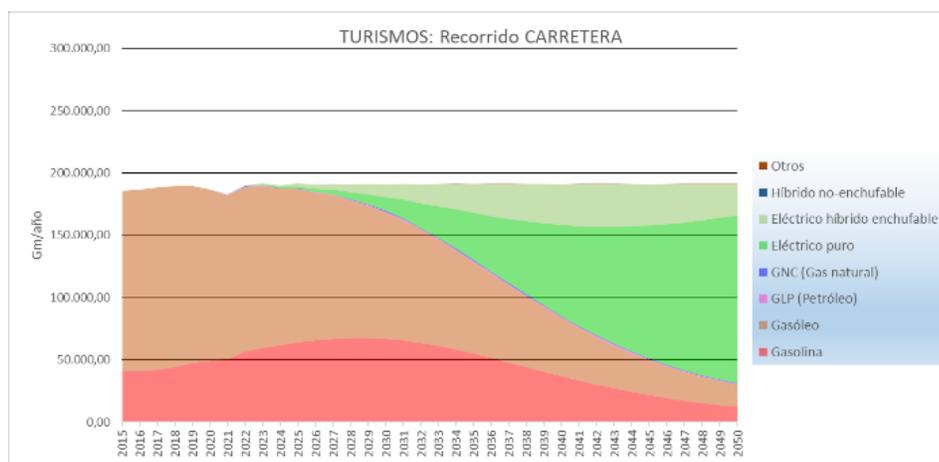


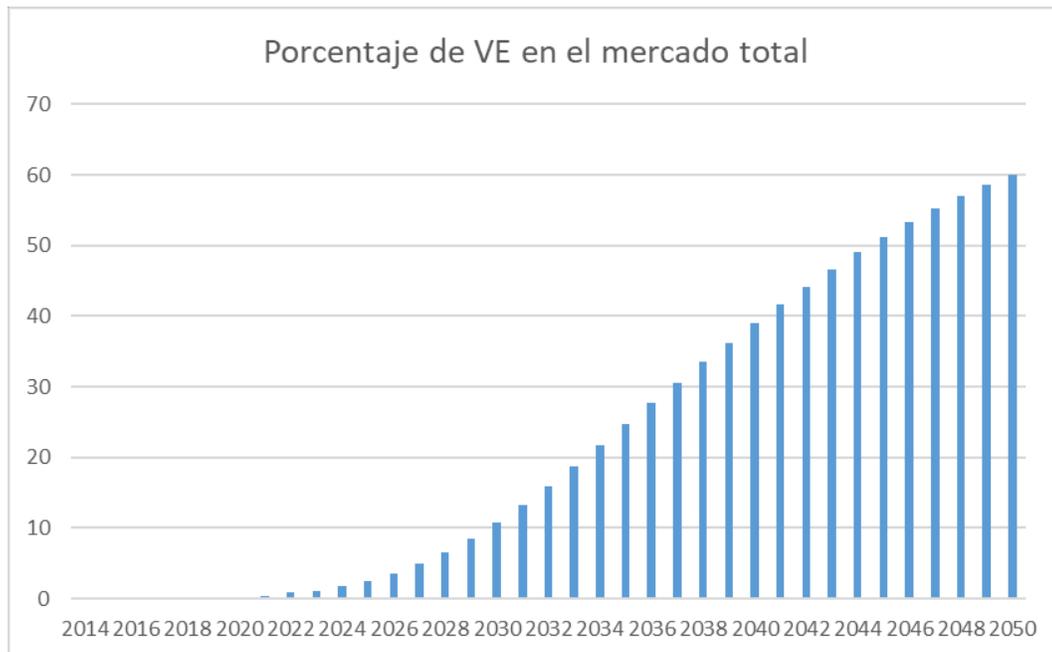
Figura 26: Distancia recorrida en carretera (Fuente: OVEMS)

5.2 ESTIMACIÓN DE LOS INDICADORES

Indicador vehículo electrificado sobre el mercado total

Empleando los datos obtenidos a través de la simulación del OVEMS, se ha obtenido el porcentaje de VE con respecto al mercado total, representada a continuación. A través de la gráfica se puede observar con claridad como a medida que transcurre el desarrollo de la movilidad sostenible el porcentaje de VE con respecto al total va incrementando. Se estima que para el año 2045 el 50% del total de vehículos sean eléctricos. A pesar de que según la estimación realizada se prevé que se logre el objetivo de 2030 de 3 millones de VE, el

porcentaje obtenido con respecto al resto de turismos es de tan solo 10,75%. Esto supone que aunque los 3 millones parezcan una cifra que cumple con el completo desarrollo de los VE, todavía queda mucho trabajo para cumplir con una movilidad totalmente sostenible.

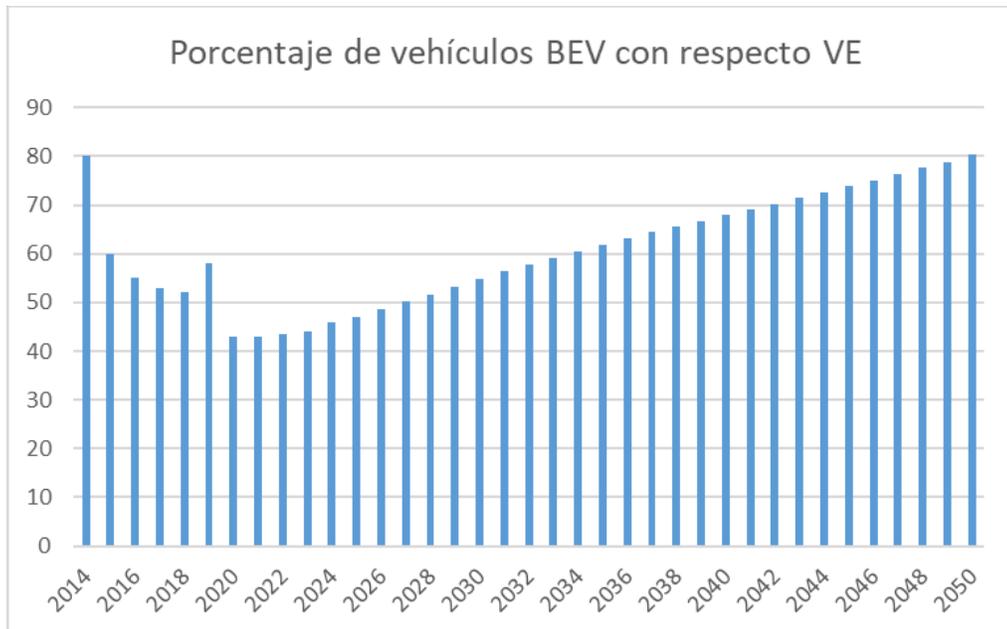


Gráfica 18: Porcentaje de VE con respecto al mercado total de vehículos (Fuente: OVEMS)

Indicador vehículos puro sobre mercado electrificado

A través de la gráfica mostrada a continuación realizada por la simulación obtenida por el OVEMS podemos observar como a partir del año 2015 el porcentaje de VE comienza a disminuir. En 2022, como comentado en el capítulo anterior y según los datos publicados por ANFAC, el porcentaje de BEV con respecto al total de VE llega al aproximadamente 40%. Sin embargo, se estima que a partir del próximo año este porcentaje comience a incrementar hasta el punto en el que se alcance casi el 80% de BEV en el año 2050. Para poder alcanzar un porcentaje tan alto de vehículos de cero emisiones con respecto al total de VE será necesario que la capacidad de las baterías incremente con el paso del tiempo. Sin este incremento en la autonomía de las baterías o sin el aumento de infraestructuras de recarga rápida será difícil de lograr este porcentaje. Es por ello por lo que es necesario que

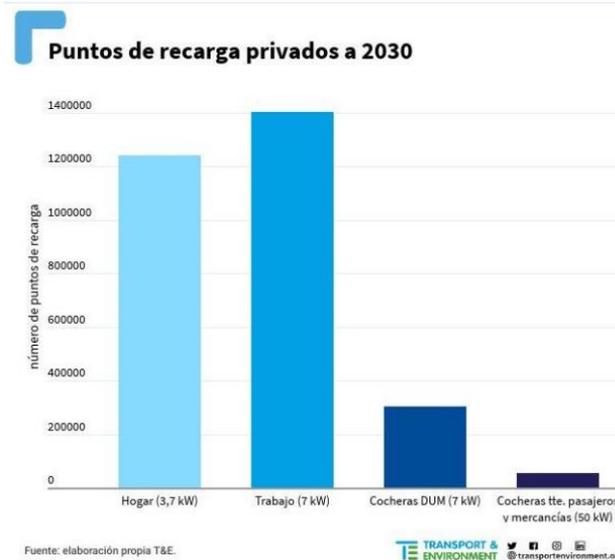
tanto los fabricantes de VE como las empresas instaladoras de puntos de recarga tienen que innovar para poder alcanzar estas cifras.



Gráfica 19: Porcentaje de BEV con respecto al total de VE (Fuente: OVEMS)

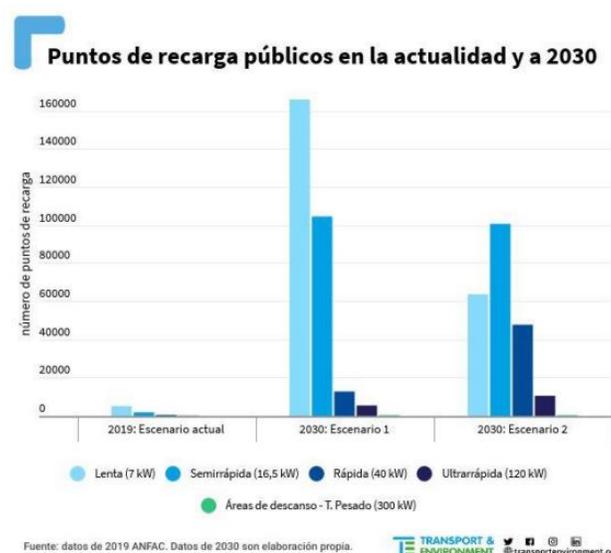
Indicador infraestructura de recarga rápida

Según el estudio realizado por Ecodes, Ecodes. (2021, febrero), para poder cumplir con el objetivo de 5 millones de VE, se necesitarían aproximadamente 3 millones de infraestructuras de recarga en el ámbito privado en el año 2030. En la figura mostrada a continuación se ha realizado una estimación del número de puntos de recarga privados necesarios mostrando la potencia y el lugar de cada tipo de punto.



Gráfica 20: Puntos de recarga privados en el año 2030 (Fuente: Ecodes. (2021, febrero))

Por otro lado, Ecodes, Ecodes. (2021, febrero), también ha realizado un estudio para poder estimar los puntos de recarga públicos necesarios para el año 2030. En este estudio ha valorado dos posibles escenarios, el primero basado en puntos de recarga de potencia lenta y semirrápida mientras que en el segundo ha optado por puntos de mayor potencia, es decir, la recarga rápida y ultrarrápida. Los resultados de ambos escenarios se muestran a continuación:



Gráfica 21: Puntos de recarga pública representando cada escenario (Fuente: Ecodes. (2021, febrero))

De los resultados obtenidos por el estudio podemos observar como la implantación de infraestructuras de recarga de menor potencia supone un mayor número de puntos de recarga para poder lograr el objetivo propuesto. A continuación, se ha realizado una estimación para determinar el número de puntos de recarga rápida y ultrarrápida para cada tipo de escenario, para ello se ha empleado los gráficos obtenidos por el estudio de Ecodes.

		Escenario 1	Escenario 2
Público	Lenta (7kW)	165000	62500
	Semirrápida (16,5 kW)	102500	100000
	Rápida (40 kW)	17500	50000
	Ultrarrápida (120 kW)	10000	12500
	Total	295000	225000

Tabla 23: Aproximación de los puntos de recarga pública (Fuente: Ecodes. (2021, febrero))

Privado	Hogar (3,7 kW)	1225000
	Trabajo (7kW)	1400000
	Cocheras DUM (7kW)	300000
	Cocheras tte. Pasajeros y mercancías (50 kW)	75000
	Total	3000000

Tabla 24: Estimación para los puntos de recarga privada (Fuente: Ecodes. (2021, febrero))

	Escenario 1	Escenario 2
Puntos de recarga rápidos y ultrarrápidos (Potencia>22kW)	102500	137500

Tabla 25: Estimación del total de puntos de recarga rápida e ultrarrápida (Fuente: Ecodes. (2021, febrero))

Como es lógico en el segundo escenario hay mayor número de infraestructura de recarga rápida. Asimismo, es interesante destacar como existen mayores puntos de recarga rápidos en los accesos públicos lo cual es lógico ya que los accesos privados son para los propietarios de VE que tienen la posibilidad de instalar puntos de recarga por lo que les es suficiente con una recarga de menor potencia debido a la recarga nocturna.

Relación entre puntos de recarga y parque electrificado

Para poder obtener la relación existente entre el número de VE y los puntos de recarga, se ha empleado la simulación del OVEMS para estimar el número de VE en 2030 y el estudio

de Ecodes, Ecodes. (2021, febrero), para estimar los puntos de recarga públicos. Para cada escenario la relación obtenida sería la siguiente:



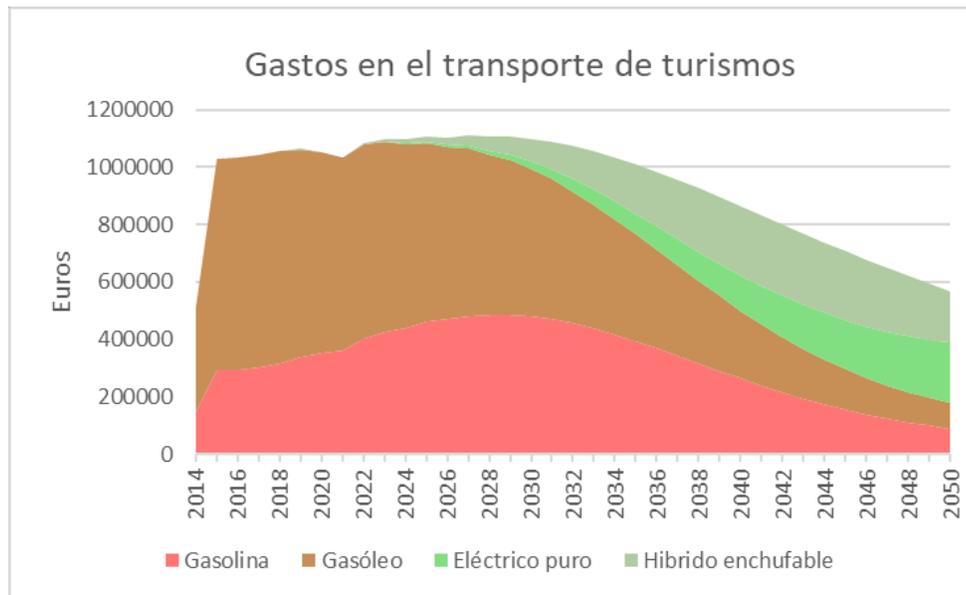
Gráfica 22: Relación entre VE y puntos de recarga públicos en 2030

En la gráfica podemos observar como ambos resultados se asemejan al valor óptimo, 10. Por otro lado, observamos como existe una gran mejoría con respecto a los resultados actuales obtenidos. Asimismo, se puede evaluar como el escenario 1 se acerca más al valor óptimo ya que al tener mayores puntos de recarga la relación entre VE y puntos de recarga públicos es más pequeña. Sin embargo, el que ambos escenarios se encuentren por encima de punto óptimo muestra como no solo es necesario que el número de VE aumente, sino que es imprescindible que los puntos de recarga crezcan de manera semejante.

Euros por 100 kilómetros

La incorporación de VE en el transporte no solo significaría una reducción en gastos importados, sino que también disminuiría los costes de los turismos individuales. El valor en euros por 100 km es mucho menor en VE que en vehículos de combustión, por lo que la sustitución de un vehículo de combustión por uno eléctrico supondría menores gastos en el transporte. En la gráfica mostrada a continuación, observamos la reducción de gastos de transporte en el paso de los años. En el año 2050, se puede observar como el dinero empleado

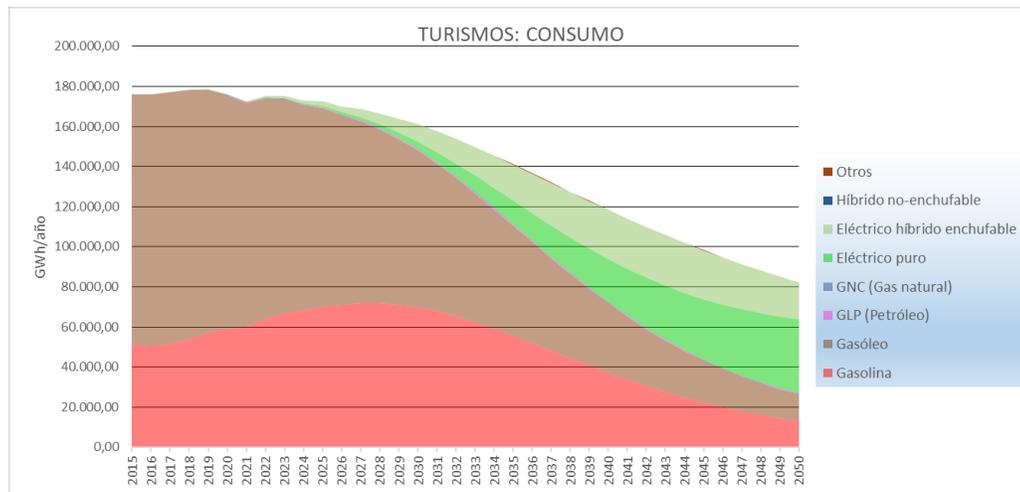
para la recarga de VE es mayor que para los de combustible, esto se debe a que en ese año se prevé mayor número de VE que de combustión. A pesar de que el coste de VE en ese año sea mayor, el coste total empleado en el transporte es de menor valor que el actual.



Gráfica 23: Evolución de gastos asociados al transporte en turismos (Fuente: OVEMS)

Consumo energético de los VE

Una de las grandes promesas del desarrollo de la movilidad sostenible es la reducción del consumo. Un vehículo de combustión ya sea diésel o gasolina, consume más que un VE, es por ello por lo que a medida que aumenta la flota de VE y disminuye el número de vehículos de combustión, el consumo disminuye. El gran interés por reducir el consumo se debe principalmente por dos motivos. Por un lado, está la necesidad de reducir las emisiones de gases contaminantes, y, por otro, la necesidad de disminuir la cantidad de combustible importado por España. A través de la simulación, observamos como la disminución del número de vehículos de combustible provoca la reducción del consumo. A pesar de que el VE también consuma, su porcentaje de consumo es menor que el de los vehículos de combustión, motivo por el que se reduce la curva. En 2050, si el desarrollo de la movilidad sostenible fuese como planeado se conseguiría reducir la mitad del consumo que existe hoy en día.

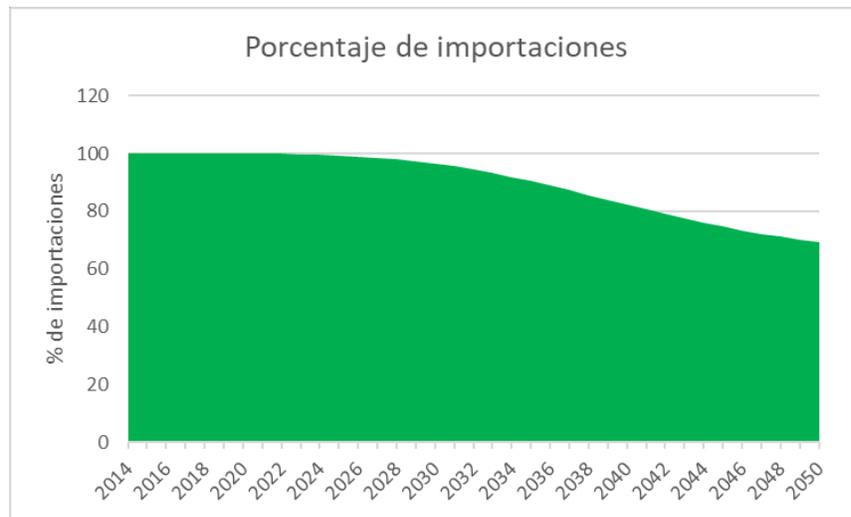


Gráfica 24: Evolución del consumo a lo largo de los años (Fuente: OVEMS)

En la gráfica de evolución del consumo se puede observar cómo existe un incremento en el consumo de los vehículos BEV y PHEV y una disminución en los vehículos de combustión. Este cambio tiene una gran repercusión en las importaciones realizadas en España.

Porcentaje de energía importada para el transporte

La sustitución de combustible, el cual es completamente importado en España, por la energía eléctrica supone que el porcentaje de importaciones realizadas disminuya con el paso de los años. Empleando los datos obtenidos por la simulación del OVEMS e imponiendo como base que el 54,3% de la energía obtenida es por fuentes no renovables se puede obtener la siguiente gráfica.



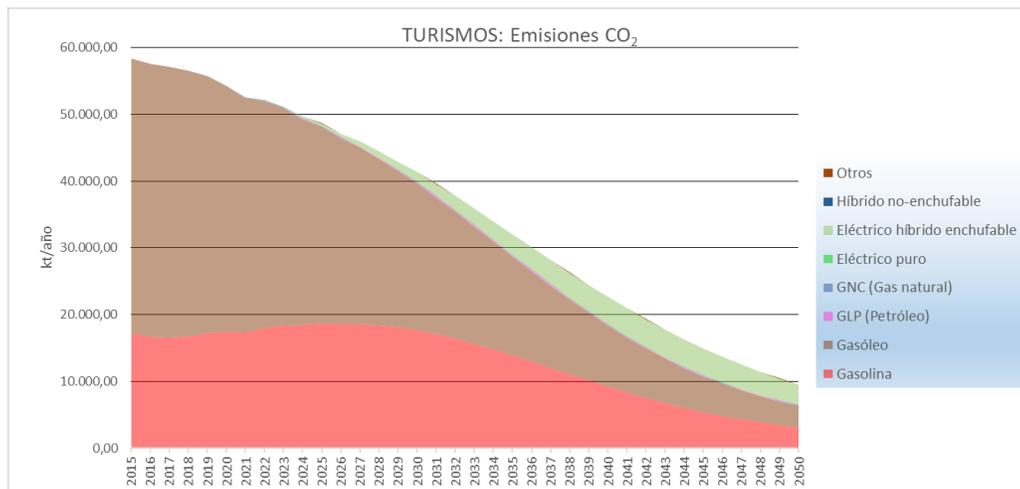
Gráfica 25: Evolución del porcentaje de importaciones en España (Fuente: OVEMS)

En esta gráfica se puede observar como en la actualidad casi el 100% de del consumo empleado en el transporte se obtiene a través de materias primas importadas. Sin embargo, a medida que se incrementa el desarrollo de los VE el porcentaje de importaciones disminuye hasta el punto de que en 2050 su valor es de aproximadamente 70%. Esta caída en las importaciones se debe a que el 45,7% del consumo de los VE no es importada ya que es obtenida por energías renovables. En el caso del vehículo BEV el 100% del consumo viene por la recarga de energía eléctrica en las baterías, sin embargo, para el PHEV se ha supuesto que el 50% del consumo viene de energía eléctrica mientras que el resto proviene de combustible.

Emisiones totales de CO₂ en VE

La reducción de emisiones de CO₂ es uno de los grandes intereses en el desarrollo del VE. Es por ello por lo que la Comisión Europea, ha decidido establecer una serie de objetivos con el fin de reducir y controlar el cumplimiento del CO₂. Su misión se basa en reducir los gases contribuyentes al efecto invernadero en un 55%, en comparación con el nivel de emisiones del año 1990. El sector del transporte es el culpable de aproximadamente el 25% de las emisiones totales de gases que afectan al efecto invernadero, según el Ministerio para la Transmisión Ecológica y el Reto Demográfico. Por este motivo, reducir las emisiones procedentes del transporte a largo plazo es una estrategia clave para reducir los niveles de

contaminación atmosférica. Asimismo, se puede observar como en el caso del vehículo BEV no existen casi emisiones mientras que en el caso del vehículo PHEV si que se existen. Las emisiones relacionadas con el híbrido enchufable surgen cuando se emplea el motor de combustión en el vehículo que normalmente es cuando circulan por zonas interurbanas. Por otro lado, la UE ha establecido un límite de emisiones medias de CO₂ en el parque de turismos nuevos por cada fabricante con el fin de cumplir los objetivos propuestos en el Acuerdo de París de 2015. En 2021 se estableció un promedio de 95 kg/km de CO₂ para todos los nuevos vehículos matriculados. El plan sería disminuir este valor en 15% en el año 2025 y un 37,5% en el año 2030.

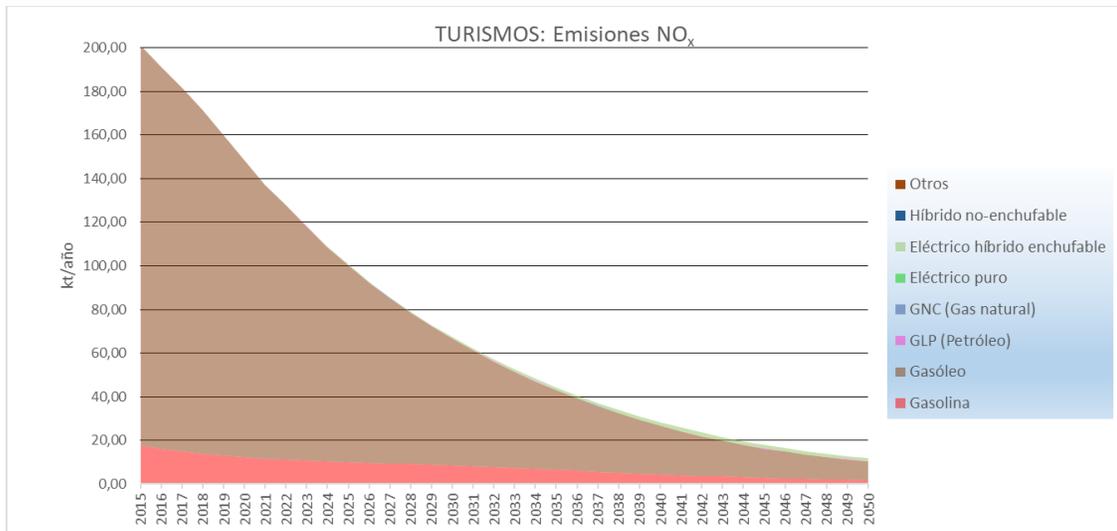


Gráfica 26: Evolución de los niveles de CO₂ (Fuente: OVEMS)

Emisiones de NO_x en el uso de VE

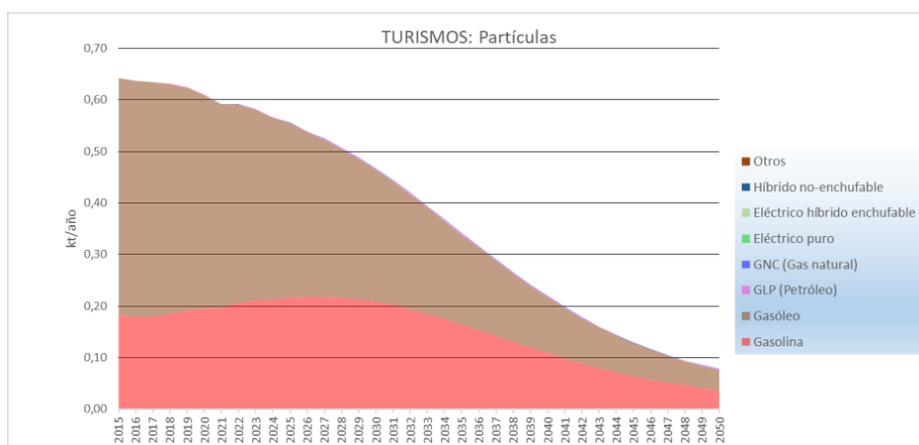
En el caso de la evolución de las emisiones de NO_x podemos observar como la curva tiene una forma cóncava. Las emisiones de NO_x de los VE suele darse en su fase de producción, sin embargo, estos procesos suelen producirse en zonas alejadas a los núcleos urbanos. Como comentado anteriormente, las emisiones producidas por los vehículos diésel son mayores a las de gasolina, como bien se puede apreciar. Las normativas Euro en la que se limitan los valores de gramos por kilómetro de NO_x son las principales causantes de la reducción de estos tipos de gases. Por último, haciendo hincapié en el año 2050 se puede ver como las emisiones de NO_x entre los vehículos diésel y gasolina se asemejan más. Sin embargo,

siguen siendo mayores la de los vehículos diésel a pesar de que en ese año se estima mayores números de vehículos de gasolina.



Gráfica 27: Evolución de niveles de NOx (Fuente: OVEMS)

En el caso de las partículas pasa lo mismo que en las emisiones de gases, la UE también ha establecido una serie de valores límite las cuales los vehículos no pueden sobre pasar. La gráfica que representa su evolución tiene forma cóncava y se puede observar como en el año 2050 los valores por kt/año entre gasóleo y gasolina se vuelven iguales.



Gráfica 28: Evolución de partículas (Fuente: OVEMS)

La UE se ha encargado de establecer diversos objetivos con el fin de limitar el número de emisiones provocadas por el transporte, sin embargo, es difícil obtener la medida verdadera

de las emisiones provocadas por los vehículos. Es por ello por lo que, se han creado diferentes normas que permitan obtener el valor más parecido a la realidad del consumo de los vehículos y las emisiones, entre ellas se encuentra el WLTP (por Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure). El WLTP es un protocolo de homologación de vehículos encargado de realizar una prueba con la finalidad de medir el consumo del carburante, las emisiones de CO₂ y cualquier tipo de partícula o gas contaminante ligado a los vehículos. De esta forma, se puede obtener unos resultados más parejos a la realidad y poder controlar el cumplimiento de los límites impuestos por la UE.

Número de muertes prematuras por contaminación del aire

Según el informe publicado por Ethic en el año 2019, si los nueve países que más emisiones generan lograsen cumplir con los objetivos impuestos en el Acuerdo de París en 2040, se podría evitar aproximadamente 1,6 millones de muertes prematuras debido a la contaminación de aire atmosférico a nivel global, The Conversation. (2021, 10 febrero). La contaminación del aire supone el 12% de las muertes totales en el mundo, situándola en el cuarto puesto de riesgos de muerte. Por otro lado, según la Comisión Europea se prevé que el 55% de las partículas contaminantes se reduzcan para el año 2030. Esta reducción en las emisiones de partículas implicaría la disminución del 28% de muertes prematuras en los países de la UE, EP. (2021, 11 enero).

Número de enfermedades respiratorias por contaminación

Las emisiones de partículas contaminantes del aire no solo afectan a la salud de las personas, sino que también tienen una influencia en la economía del país. Cuanto más sean las enfermedades padecidas por la contaminación del aire, mayores son los costes realizados por el país para la cura de dichas enfermedades. La UE asegura que para lograr los objetivos propuestos por la UE para el año 2030 sería necesario que no existan diferencias en las emisiones de los países. Asimismo, se ha podido comprobar como la reducción de estas emisiones tiene una influencia positiva en el PIB, ya que, desde el año 2000 se han disminuido entre el 10% y 70% de las emisiones de contaminantes atmosféricos y esto ha

supuesto un aumento del 30% en el PIB de los países de la UE, *Las muertes y enfermedades que evitaríamos si redujésemos la contaminación*. (2021, 10 febrero).

5.3 CONCLUSIÓN

Con el paso de los años, el desarrollo de la movilidad sostenible ha ido incrementado y se espera que en los próximos años continúe. Con ayuda de la ley en el que prohíbe la venta de vehículos de combustión en el año 2035 y la planificación de nuevos modelos de VE pensados por los fabricantes de las empresas, se estima un aumento en el porcentaje de matriculaciones de VE cada año hasta 2050. Para poder lograr los objetivos que propone la UE es necesario que a medida que se aumenten el número de vehículos, el número de infraestructuras de recarga crezca de la misma forma. Al ser bienes complementarios es necesario que tanto las matriculaciones como los puntos de recarga crezcan a la par. Estimar con exactitud el número de puntos de recarga es tarea complicada ya que depende de las decisiones tomadas por el Gobierno y los propietarios de los puntos. Es decir, si el Gobierno decide invertir en puntos de recarga se instalarán más infraestructuras de recarga públicas, si las empresas privadas como puede ser Iberdrola deciden invertir en puntos de recarga se incrementarán los puntos de recarga privada o si un propietario de un VE tiene la oportunidad de poder cargar su vehículo en casa o en el trabajo se aumentarán las infraestructuras de recarga.

Sin embargo, esta sección ha dado pie a poder comprobar como el desarrollo de los VE mejora todos los aspectos negativos del sector del transporte. En primer lugar, podemos observar cómo no solo disminuye el consumo producido por los vehículos de combustión, sino que, al sustituir los vehículos de combustión por los VE y como los VE consumen menos, hemos observado como la curva del consumo disminuye. Al incrementar el consumo de los VE, el cual depende de las energías renovables las cuales no son importadas, y disminuirlo de los de combustión cuyas materias primas son importadas, hemos podido observar como la curva que refleja el porcentaje de energía importada en el transporte disminuye, pasa de importar el 99,7% en 2014 a importar el aproximadamente 70% de la materia prima del sector del transporte en 2050. Asimismo, la disminución en el consumo,

la incorporación de nuevos VE y los límites impuestos por la UE han provocado que con el paso de los años se disminuyan las emisiones de CO₂, NO_x y partículas. Lograr esta disminución supone cumplir el objetivo principal del desarrollo sostenible además de conseguir reducir el número de muertes prematuras y enfermedades a causa de contaminación atmosférica. Existen estadísticas que aseguran que si todos los países cumplen con los límites impuestos por la OMS se puede reducir 1,6 millones de muertes prematuras a nivel mundial en el año 2030.

6. CONCLUSIONES

Tras haber realizado un análisis de los diferentes métodos de transporte y haber evaluado la situación en la que se encuentra España con respecto al desarrollo sostenible, podemos concluir que la movilidad mediante el turismo tiene un gran margen de mejora. En este capítulo hemos podido observar como el vehículo privado abarca casi el 40% de los traslados en la mayoría de las ciudades europeas. Sin embargo, actualmente es el turismo el causante de la mayoría de las emisiones ocasionadas por el transporte, es por ello por lo que, el desarrollo del VE es un método eficiente y sostenible para reducir el número de emisiones. El desarrollo del VE contribuiría al desarrollo de la movilidad sostenible y lograría beneficiarse de todas sus características.

En el capítulo 3 hemos podido evaluar como el desarrollo de los VE es más complejo de lo precedido, ya que, viene determinado por numerosos agentes. En primer lugar, es necesario conocer el número de VE existentes el cual se determina a través del sumatorio de matriculaciones de VE en cada año. Para poder predecir las nuevas matriculaciones realizadas cada año es necesario conocer la cantidad de personas dispuestas a apoyar el desarrollo sostenible y uno de los métodos de identificación serían las encuestas. Por otro lado, las ayudas del Gobierno que reducen los costes de la compra de VE también son determinantes para aumentar el número de ventas de coches eléctricos. Es por ello por lo que, tanto las encuestas como los incentivos gubernamentales van a ser aspectos claves para poder identificar la demanda existente de los VE. En España el objetivo para el 2030 es alcanzar los 5 millones de VE y los 3 millones de turismos eléctricos.

Tras haber obtenido una estimación de la demanda futura de VE hay que analizar si los fabricantes de VE tienen la capacidad de producir la demanda que se les plantea. Para ello, es necesario que la industria automovilista desarrolle nuevos modelos eléctricos mejorando la autonomía de sus vehículos y reduciendo los precios para hacerlo más asequibles y, que, además cumplan con los reglamentos de emisiones propuestos por la UE. Asimismo, los puntos de recarga al ser un bien complementario tendrán que incrementar de manera

proporcionada al número de VE existentes. Para poder realizar una comparativa con otros países y posicionar a España en un ranking es necesario identificar una serie de índices que sean equivalentes independientemente de aspectos como el número de habitantes, la superficie del país, el número de vehículos en mercado del país, etc.

Por otro lado, a pesar de los incentivos proporcionados por el Gobierno los precios suelen ser más elevados en VE que en vehículos de combustión. Es en este momento en el que aparece la importancia de los suministros de energía. El coste del desplazamiento por 100 km de un VE es menor que de uno de combustión. El menor coste en el consumo en VE compensa el mayor coste de adquisición, por lo que a la larga es más económico el VE. La recarga de un VE por 100 km se encuentra en aproximadamente 5 euros mientras que la de uno de combustión es de alrededor de 10 euros. De esta forma, en el uso de un VE se invierte menos dinero en comparación con un vehículo de combustión. Asimismo, debido a la gran diferencia en suministros entre un vehículo de combustión y uno eléctrico se ha desarrollado la idea de movilidad compartida. Los bajos costes de recarga de VE han impulsado la creación de aplicaciones con la finalidad de movilizarse en zonas urbanas a bajos precios colaborando en el desarrollo de la movilidad sostenible y emitiendo cero emisiones.

Uno de los múltiples motivos por los que se ha creado el desarrollo de la movilidad sostenible es por la necesidad de reducir la dependencia existente de las importaciones de petróleo. Estas importaciones dependen del número de vehículo, los kilómetros recorridos y del consumo de cada vehículo. En el caso del VE el 45,7% de la energía empleada para la recarga de la batería eléctrica de un VE viene dada por energía renovable. Emplear en la recarga renovables supone no depender de la necesidad de importar materias primas para generar electricidad por lo que su uso es clave para la reducción de importaciones. Por estos motivos incrementar el porcentaje de VE y reducir el porcentaje de vehículos de combustión que circulan supone una disminución en el número de importaciones necesarias.

El principal motivo por el que se ha elaborado el desarrollo de la movilidad sostenible es la necesidad de reducir los gases contribuyentes al efecto invernadero como el CO₂, además de otros gases causantes de enfermedades respiratorias como el NO_x. La reducción del

consumo y de las importaciones supone una disminución en estos gases que a su vez supone menos gastos dirigidos a la sanidad por la emisión de gases contaminantes.

En el capítulo 4 a través del análisis previo en el cual se narra la situación actual de los VE y el cálculo de los índices hemos podido evaluar la situación en que se encuentra España. Actualmente, España se encuentra alejado del objetivo de 2030, alcanzar 3 millones de turismos en ese año. Para poder lograr el objetivo el Gobierno español ha decidido invertir dinero con el fin de realizar subvenciones que reduzcan el coste de los VE y así poder incrementar el porcentaje de matriculaciones cada año. En el año 2021 el Gobierno español invirtió 400 millones con el fin de incentivar a la compra de vehículos eléctricos proporcionando subvenciones e instalar infraestructuras de recarga. Por otro lado, en cuanto a los puntos de recarga España se encuentra en un gran déficit de infraestructura de recargas con potencias rápidas y ultra rápidas. Actualmente, únicamente el 14,6% de los puntos de recarga son de potencias superiores a 22 kW, situando a España en el país europeo con menor proporción de puntos de recarga rápida. Posiblemente este déficit sea el causante de que los compradores de VE en España prefieran adquirir vehículos PHEV antes que vehículos BEV. Asimismo, a través del Barómetro de ANFAC se ha observado como España se encuentra por debajo de la media de la UE en el desarrollo de la movilidad sostenible. En todos los indicadores que analizan el número de vehículos y puntos de recarga, España se sitúa por debajo de la media de la UE. Además, hemos podido observar a través de la relación entre los VE y puntos de recarga como ninguna CCAA se encuentra cerca del punto óptimo. Esto se debe a que el desarrollo de los VE no ha tenido tanta repercusión en España como en el resto de los países europeos. Sin embargo, debido a la ley impuesta por el Gobierno, en el que se prohíbe la compra de vehículos de combustión a partir del año 2035 se prevé que el desarrollo de la movilidad sostenible incrementará con el paso de los años.

Por otro lado, en referencia al consumo energético en 2022 hemos obtenido unas cifras muy pequeñas en el consumo de VE en comparación con las obtenidas por los vehículos de combustión. El motivo de estas cifras tan bajas se debe a la gran diferencia en el número de VE y de combustión. A medida que se incremente el número de VE y estos sustituyan a los vehículos de combustión, se obtendrá un mayor consumo por parte de los VE y existirá una

reducción en el consumo energético total. Asimismo, el bajo número de VE y por consecuencia su reducido consumo provoca que el 100% de la energía empleada tenga que ser importada. Es por ello por lo que a medida que aumente el consumo de VE y con el desarrollo de las energías renovables se logrará reducir el número de energía importada en el transporte. En la siguiente tabla podemos observar el consumo por 100 km de cada tipo de vehículos, además de la energía que es importada y su porcentaje.

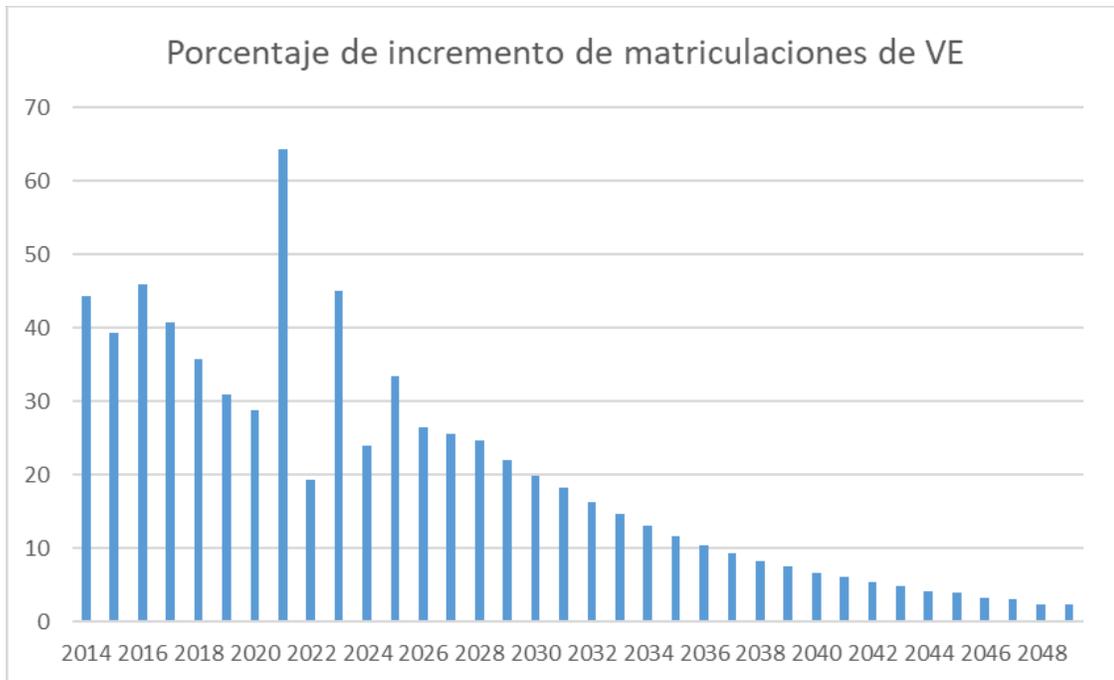
Tipo de combustible	kWh por 100 km	Energía Importada (KWh)	Porcentaje importado (%)
Gasolina	48,05	48,05	100
Gasóleo	53,5	53,5	100
BEV	16	7,312	45,7
PEHV	33,3875	29,7315	89,05

Tabla 26: Consumo e importaciones de cada tipo de vehículo (Fuente: OVEMS)

Por último, en esta sección se ha podido comprobar como al final de la vida útil de un VE se emiten menos emisiones de dióxido de carbono que de uno de combustión. Sin embargo, a la hora de fabricar un VE se emiten más emisiones en comparación con uno de combustión. El motivo por el cual se emiten mayor número de emisiones en la fabricación de un VE es por las baterías de litio, emitiendo 3,8 toneladas de CO₂ situándose en el componente que más emite en la fabricación de un VE. Es por ello por lo que para poder reducir más estas emisiones los fabricantes deberán encontrar nuevas formas para fabricar VE sin la necesidad de emitir tanto. Asimismo, tanto el Gobierno español, la UE y la OMS están totalmente concienciados en la reducción de todo tipo de gases o partículas que contribuyan al cambio climático o provoque enfermedades respiratorias, por este motivo cada vez los límites impuestos por estas organizaciones son cada vez más exigentes. Esta preocupación por reducir los límites de emisiones es cada vez más preocupante ya que en este último año el número de muertes prematuras por contaminación atmosférica fueron más del doble que la cifra de muertes obtenida hace 20 años.

Como hemos observado en el capítulo 5 con el paso de los años, el desarrollo de la movilidad sostenible ha ido incrementado y se espera que en los próximos años continúe. Con ayuda de la ley en el que prohíbe la venta de vehículos de combustión en el año 2035 y la

planificación de nuevos modelos de VE pensados por los fabricantes de las empresas, se estima un aumento en el porcentaje de matriculaciones de VE cada año hasta 2050.



Gráfica 29: Evolución del porcentaje de incremento de matriculaciones

En la gráfica anterior, se puede observar el incremento en el porcentaje de matriculaciones de VE en cada año, para esta gráfica se ha empleado la simulación del OVEMS. Observamos como a partir del año 2026 el porcentaje de nuevas matriculaciones decrece. Esta disminución se debe a que, a medida que se incrementa el número de VE circulando en España el número de matriculaciones con respecto al valor total de VE es menor.

Sin embargo, esta sección ha dado pie a poder comprobar como el desarrollo de los VE mejora todos los aspectos negativos del sector del transporte. En primer lugar, podemos observar cómo no solo disminuye el consumo producido por los vehículos de combustión, sino que, al sustituir los vehículos de combustión por los VE y como los VE consumen menos, hemos observado como la curva del consumo disminuye. Al incrementar el consumo de los VE, el cual depende de las energías renovables las cuales no son importadas, y disminuirlo de los de combustión cuyas materias primas son importadas, hemos podido observar como la curva que refleja el porcentaje de energía importada en el transporte

disminuye, pasa de importar el 99,7% en 2014 a importar el aproximadamente 70% de la materia prima del sector del transporte en 2050. Asimismo, la disminución en el consumo, la incorporación de nuevos VE y los límites impuestos por la UE han provocado que con el paso de los años se disminuyan las emisiones de CO₂, NO_x y partículas. Lograr esta disminución supone cumplir el objetivo principal del desarrollo sostenible además de conseguir reducir el número de muertes prematuras y enfermedades a causa de contaminación atmosférica. Existen estadísticas que aseguran que si todos los países cumplen con los límites impuestos por la OMS se puede reducir 1,6 millones de muertes prematuras a nivel mundial en el año 2030.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ANFAC. (2021, diciembre). *Barómetro de la electromovilidad*. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://anfac.com/wp-content/uploads/2022/02/Barometro-Electromovilidad-4T-2021.pdf>
- ANFAC. (2021, julio). *Mapa de Infraestructuras de Recarga de Acceso Público en España*. Recuperado 18 de agosto de 2022, de <https://www.motor.es/noticias/fabricas-coches-espana-202285950.html>
- ANFAC. (2022, mayo). *Barómetro de la electromovilidad*. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://anfac.com/wp-content/uploads/2022/05/Barometro-Electromovilidad-1T-2022.pdf>
- de Bruyn, De Vries, S. B. J. V. (2020, julio). *Health costs of air pollution in European cities and the linkage with transport*. CE Delf. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://cleanair4health.eu/wp-content/uploads/sites/2/2020/10/final-health-costs-of-air-pollution-in-european-cities-and-the-linkage-with-transport-c.pdf>
- Ecodes. (2021, febrero). *Plan de despliegue de puntos de recarga eléctrica en España*. Ecodes (Transport & Environment). Recuperado 17 de agosto de 2022, de https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2021_02_Resumen_estudio_sobre_el_despliegue_de_infraestructura_para_la_movilidad_el%C3%A9ctrica_en_Espa%C3%B1a_enero_2021.pdf

El plan de Cepsa: puntos de recarga cada 200 km y cargadores de hidrógeno cada 300

km. (2022, 11 abril). Híbridos y Eléctricos.

<https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/plan-cepsa-cargadores-coches-electricos-cada-200-km-estaciones-hidrogeno-cada-300-km/20220411152043056666.html>

Endesa. (2020, 13 mayo). *Endesa mantiene su compromiso de puntos de recarga de*

vehículos eléctricos en España para este año. Recuperado 18 de agosto de 2022, de

<https://www.endesa.com/es/prensa/sala-de-prensa/noticias/transicion-energetica/movilidad-electrica/endesa-mantiene-su-compromiso-de-puntos-de-recarga-de-vehiculos-electricos>

Energía y sociedad. (2021). 4.2. *La eficiencia energética del vehículo eléctrico.*

Recuperado 17 de agosto de 2022, de [https://www.energiaysociedad.es/manual-de-](https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/4-2-la-eficiencia-energetica-del-vehiculo-electrico/)

[la-energia/4-2-la-eficiencia-energetica-del-vehiculo-electrico/](https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/4-2-la-eficiencia-energetica-del-vehiculo-electrico/)

Epdata. (s. f.). *Evolución en las emisiones de NOx procedentes del transporte en España.*

Recuperado 17 de agosto de 2022, de [https://www.epdata.es/asi-reducido-](https://www.epdata.es/asi-reducido-emisiones-oxidos-nitrogeno-espana/499cb96f-9c7b-482d-bd08-bfa4a100301d)

[emisiones-oxidos-nitrogeno-espana/499cb96f-9c7b-482d-bd08-bfa4a100301d](https://www.epdata.es/asi-reducido-emisiones-oxidos-nitrogeno-espana/499cb96f-9c7b-482d-bd08-bfa4a100301d)

España registra hoy el doble de muertes prematuras por contaminación del aire que hace

20 años. (2022, 29 junio). Energías Renovables. Recuperado 17 de agosto de 2022,

de [https://www.energias-renovables.com/panorama/espana-registra-hoy-el-doble-](https://www.energias-renovables.com/panorama/espana-registra-hoy-el-doble-de-muertes-20220629?utm_campaign=newsletterEnergiasRenovables&utm_medium=boletinC)

[de-muertes-](https://www.energias-renovables.com/panorama/espana-registra-hoy-el-doble-de-muertes-20220629?utm_campaign=newsletterEnergiasRenovables&utm_medium=boletinC)

[20220629?utm_campaign=newsletterEnergiasRenovables&utm_medium=boletinC](https://www.energias-renovables.com/panorama/espana-registra-hoy-el-doble-de-muertes-20220629?utm_campaign=newsletterEnergiasRenovables&utm_medium=boletinC)

[lick&utm_source=Boletin-Energias-Renovables-+2022-07-01](https://www.energias-renovables.com/panorama/espana-registra-hoy-el-doble-de-muertes-20220629?utm_campaign=newsletterEnergiasRenovables&utm_medium=boletinC)

- EP. (2021, 11 enero). *Las muertes prematuras por polución descenderán un 55% para 2030*. Ecoavant. Recuperado 17 de agosto de 2022, de https://www.ecoavant.com/salud/bruselas-senala-caeran-55-muertes-prematuras-por-polucion-en-2030_5975_102.html
- European Environment Agency. (2021, 15 noviembre). *Health impacts of air pollution in Europe, 2021*. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/health-impacts-of-air-pollution>
- European Investment Bank. (2021–2022). *Shopping for a new car? Most Europeans say they will opt for hybrid or electric*. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://www.eib.org/en/surveys/climate-survey/4th-climate-survey/hybrid-electric-petrol-cars-flying-holidays-climate.htm>
- Fernández, A. (2021, 11 enero). *Ranking de ventas de coches eléctricos 2020*. Motor.es. <https://www.motor.es/noticias/ranking-ventas-coches-electricos-2020-202066944.html>
- Fernández, A. (2022, 28 febrero). *Ranking de ventas de coches eléctricos 2021*. Motor.es. <https://www.motor.es/noticias/ranking-ventas-coches-electricos-2021-202175019.html>
- Fernández, A. F. (2022, 2 agosto). *Ranking de ventas de coches eléctricos 2022*. Motor.es. <https://www.motor.es/noticias/ranking-ventas-coches-electricos-2022-202285302.html>
- Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). (2020, julio). *Una manera de hacer Europa*. (FEDER). Recuperado 17 de agosto de 2022, de

<https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2020/07/MOVES-I-vs-MOVES-II-Actuacion-1.pdf>

Gamez, M. J. (2022, 24 mayo). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Gutiérrez, D. (2022, 11 julio). *¿Cuánto CO2 emite (indirectamente) un coche eléctrico en España?* Híbridos y Eléctricos. <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/curiosidades/cuanto-co2-emite-recarga-coche-electrico-espana/20220628102452059686.html>

Holub, F. H., Hospido, L. H., & Wagner, U. J. W. (2020). *URBAN AIR POLLUTION AND SICK LEAVES: EVIDENCE FROM SOCIAL SECURITY DATA*. BDE. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/PublicacionesSeriasas/DocumentosTrabajo/20/Files/dt2041e.pdf>

Iberdrola. (2021, 21 octubre). *Plan de recarga pública de Iberdrola, creando el futuro - IBERDROLA*. Recuperado 18 de agosto de 2022, de <https://www.iberdrola.es/blog/transporte/plan-recarga-publica-iberdrola>

IEA. (2021a, abril). *Global EV Outlook 2021*. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ed5f4484-f556-4110-8c5c-4ede8bcba637/GlobalEVOutlook2021.pdf>

IEA. (2021b, abril). *Trends and developments in electric vehicle markets*. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021/trends-and-developments-in-electric-vehicle-markets>

- INE. (2022, 31 junio). *Total, de viajeros por tipo, medio de transporte (terrestre, aéreo y marítimo) y distancia*. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=20239>
- Kowalska, M. K., Skrzypek, M. S., & Cyrus, J. C. (2022, 24 enero). *Effect of NOx and NO2 Concentration Increase in Ambient Air to Daily Bronchitis and Asthma Exacerbation, Silesian Voivodeship in Poland*. PMC PubMed Central. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7037218/>
- La Moncloa. (2022, 1 agosto). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021–2030*. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://www.lamoncloa.gob.es/consejodeministros/Paginas/enlaces/220219-plan.aspx>
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2020, 1 enero). *Movilidad Urbana y Metropolitana: Un gran reto de las ciudades del siglo XXI*. Observatorio del Transporte y la Logística en España. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://mail.google.com/mail/u/0?ui=2&ik=5245fed8b4&attid=0.1&permmsgid=msg-f:1741308850563246625&th=182a5f2c7a10ea21&view=att&disp=inline>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2014, 1 noviembre). *¿Cómo nos movemos?* Recuperado 16 de agosto de 2022, de <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/carpeta-informativa-del-ceneam/novedades/como-nos-movemos.aspx>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021, 9 abril). *PROGRAMA MOVES III*. IDAE. Recuperado 17 de agosto de 2022, de

<https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/programa-moves-iii>

Las muertes y enfermedades que evitaríamos si redujésemos la contaminación. (2021, 10 febrero). The Conversation. Recuperado 17 de agosto de 2022, de

<https://theconversation.com/las-muertes-y-enfermedades-que-evitariamos-si-redujesemos-la-contaminacion-152529>

Organización Mundial de la Salud. (s. f.). *Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire.* Apps.who.int. Recuperado 17 de agosto de 2022, de

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/346062/9789240035461-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Plaza, D. (2022, 29 marzo). *Estas son todas las fábricas de automóviles que hay en España.* Motor.es. <https://www.motor.es/noticias/fabricas-coches-espana-202285950.html>

Red Eléctrica de España. (2020, 17 diciembre). *Las renovables alcanzan el 43,6% de la generación de energía eléctrica en 2020, su mayor cuota desde que existen registros.* Red Eléctrica. Recuperado 18 de agosto de 2022, de

<https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2020/12/las-renovables-alcanzan-el-43-6-por-ciento-de-la-generacion-de-2020-su-mayor-cuota-desde-existen-registros>

Repsol. (s. f.). *El plan de Cepsa para España: puntos de recarga cada 200 km y cargadores de hidrógeno cada 300 km.* Híbridos y eléctricos. Recuperado 11 de abril de 2022, de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/plan-cepsa->

[cargadores-coches-electricos-cada-200-km-estaciones-hidrogeno-cada-300-km/20220411152043056666.html](https://doi.org/10.1007/s11869-021-01144-1)

- Rodríguez, D. R., Cobo- Cuenca, A. I. C. C., & Quiles, R. Q. (2022, 24 enero). *Effects of air pollution on daily hospital admissions for cardiovascular diseases in Castilla-La Mancha, Spain: a region with moderate air quality*. SpringerLink. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11869-021-01144-1>
- Ruíz, F. M. R. B., Gámiz, E. G. M., Aspiazu, I. A. P., Román, C. R. C., & Sallent, H. S. B. (2021, enero). *Estudio sobre el despliegue de la infraestructura de carga del vehículo eléctrico en España*. Ecodes. Transport & Enviroment. Recuperado 17 de agosto de 2022, de https://ecodes.org/images/que-hacemos/01.Cambio_Climatico/Incidencia_politicas/Movilidad/2021_02_Estudio_sobre_el_.pdf
- Shaw, S. S., Van Heyst, B. V. H., (2022, 14 junio). *An Evaluation of Risk Ratios on Physical and Mental Health Correlations due to Increases in Ambient Nitrogen Oxide (NOx) Concentrations*. MDPI. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://www.mdpi.com/2073-4433/13/6/967>
- Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022, 28 junio). *Información comparativa sobre el coste de los combustibles de automoción en €/100km*. eurospor100km. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://eurospor100km.energia.gob.es/Paginas/coste%E2%82%AC100km.aspx>
- The Conversation. (2021, 10 febrero). *Las muertes y enfermedades que evitaríamos si redujésemos la contaminación*. Ethic. Recuperado 17 de agosto de 2022, de

<https://ethic.es/2021/02/las-muertes-y-enfermedades-que-evitariamos-si-redujeseamos-la-contaminacion/>

Volkswagen. (2021, 8 febrero). *El balance de CO₂ del vehículo eléctrico*. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://www.volkswagenag.com/de/news/stories/2021/02/e-mobility-is-already-this-much-more-climate-neutral-today.html#>

Wikipedia. (2022, 8 agosto). *Normativa europea sobre emisiones*. Recuperado 17 de agosto de 2022, de https://es.wikipedia.org/wiki/Normativa_europea_sobre_emisiones