



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO DE FIN DE GRADO

LA EXPERIENCIA DEL CAMBIO DE UNA
MOVILIDAD EN COMBUSTIBLE A
ELÉCTRICA

Autor: Ignacio Cano Algarra

Director: José Elías Gómez López

Madrid
Diciembre 2022

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
LA EXPERIENCIA DEL CAMBIO DE UNA MOVILIDAD EN COMBUSTIBLE A
ELÉCTRICA

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico....2022/2023.... 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.: Ignacio Cano Algarra Fecha: 19/12/2022



Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: JOSE ELIAS GOMEZ LOPEZ Fecha: 19/12/2022





COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO DE FIN DE GRADO

LA EXPERIENCIA DEL CAMBIO DE UNA
MOVILIDAD EN COMBUSTIBLE A
ELÉCTRICA

Autor: Ignacio Cano Algarra

Director: José Elías Gómez López

Madrid
Diciembre 2022

LA EXPERIENCIA DEL CAMBIO DE UNA MOVILIDAD EN COMBUSTIBLE A ELÉCTRICA

Autor: Cano Algarra, Ignacio.

Director: Gómez López, José Elías.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

En este marco actual de emergencia climática los coches eléctricos están ganando cada vez más protagonismo. Por ello, nace este proyecto con el objetivo de hacer un análisis de la viabilidad económica y del impacto medioambiental del cambio de la movilidad en combustible a una eléctrica. El resultado obtenido desmiente la popular creencia de que los vehículos eléctricos son más caros a la vez que afirma su menor repercusión en el medio ambiente.

Palabras clave: Movilidad, Eléctrica, Coche.

1. Introducción

Dada la grave situación climática y la calidad ambiental actual de las ciudades la Unión Europea ha decidido tomar medidas y optado por la prohibición de la fabricación de los coches equipados con motor de combustión a partir del año 2030. El problema nace con la Revolución Industrial en el siglo XVII y desde entonces se ha contaminado sin ningún tipo de límites, con lo que ahora se comienza a pagar las consecuencias. Pese a este reciente comienzo de la expansión del transporte eléctrico, el coche eléctrico ya se inventó en 1839, antes incluso del convencional motor de combustión. Sin embargo, sus limitadas prestaciones y dificultades para su uso sumado a una gran evolución del motor de combustión hicieron que cayeran en el olvido. Ante el nuevo reto de frenar la contaminación, una de las soluciones por la que más se está apostando es la transformación eléctrica del transporte. En este marco actual de emergencia climática, los coches eléctricos están ganando cada vez más protagonismo, llegando a ser obligatorios dentro de 12 años. Continuos avances en la tecnología han permitido fabricar baterías que mejoran la potencia y autonomía con el tiempo, además de motores eléctricos igual o más potentes que los de combustión, lo que facilita e impulsa dicha transformación.

Sin embargo, son aún muchos los inconvenientes de este tipo de coches lo que frena el avance de la movilidad eléctrica, y por ello nace este proyecto con el objetivo de clarificar y dar solución a las dudas que alejan a los conductores de optar por el coche eléctrico.

2. Descripción del Proyecto

El proyecto se puede dividir en dos partes. Una primera donde se realiza una introducción al mundo de la movilidad eléctrica, y una segunda donde se realiza un ejercicio con los objetivos de analizar la viabilidad de la adquisición de un coche eléctrico, el impacto medioambiental en comparación con uno de combustión y el análisis de la infraestructura de la red de puntos de recarga.

En la primera parte se hace una breve presentación de la historia del coche eléctrico (inventado por Robert Anderson), y el desarrollo que tuvo hasta llegar a la situación actual: tuvieron su época dorada en el siglo XX tras la invención del motor eléctrico, pero se vieron sustituidos principalmente por la llegada de Ford y la producción en cadena del coche de combustión haciendo coches más potentes y económicos.

Se realiza también una breve explicación del funcionamiento del motor y de sus aspectos más importantes como el efecto brújula de los campos magnéticos que son el origen del movimiento del coche, o del sistema de baterías, elemento que define la potencia, autonomía y precio del coche. Las hay de muchos tipos, pero las más extendidas actualmente y las que mejores prestaciones dan son las de ion-litio. También se trata del elemento más contaminantes, por lo que es el principal objeto de críticas del coche eléctrico.

Para dar una visión general de la movilidad eléctrica se exponen los diferentes tipos de coches eléctricos existentes en el mercado (BEV, FCEV, EREV, FCEV, HEV) y otras alternativas de transporte eléctrico como por ejemplo los VMP (patinetes y motos eléctricas, monociclos o segways). Entre las ventajas con las que cuentan los coches eléctricos están las subvenciones por parte del gobierno, capacidad de entrar en Zonas de Bajas Emisiones, ahorro de combustible, menos mantenimiento, reducciones de impuestos...

Pese a todas las ventajas que conlleva el uso del coche eléctrico, una de las mayores complicaciones actuales es la red eléctrica y la infraestructura de puntos de recarga y es el hecho que más complica su extensión. El análisis realizado indica que, en España, tanto la extensión como la distribución de los puntos de recarga está mucho más atrasada con respecto otros países de Europa, hecho que dificulta la conducción de estos coches ya que se estima que casi el 70% de los vehículos duermen en la calle y no en garaje, con la imposibilidad de poder recargarlo en casa.

Por último, antes de realizar el estudio económico se han obtenido los factores de emisión de las diferentes comercializadoras de energía, así como los de los diferentes combustibles para poder calcular y comparar el impacto que tiene el uso de cada tipo de coche en la huella de carbono. Una vez recogidos los valores, junto con el dato de actividad establecido en cada caso del ejercicio práctico, se usa la siguiente fórmula para determinar la huella de carbono:

Huella de Carbono = Dato Actividad * Factor Emisión

3. Descripción del ejercicio

Para el análisis económico se ha tenido en cuenta diferentes opciones de financiación, así como inversiones paralelas que afectan al precio final y el impacto medioambiental.

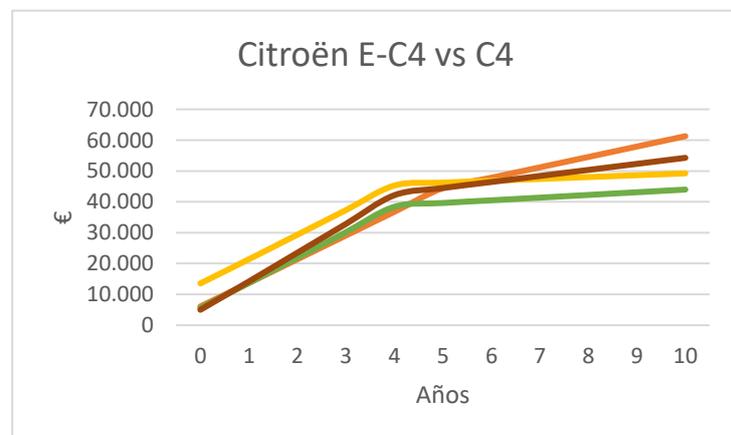
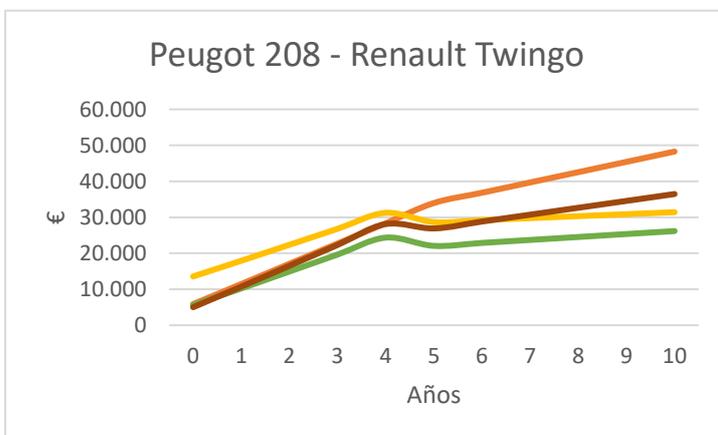
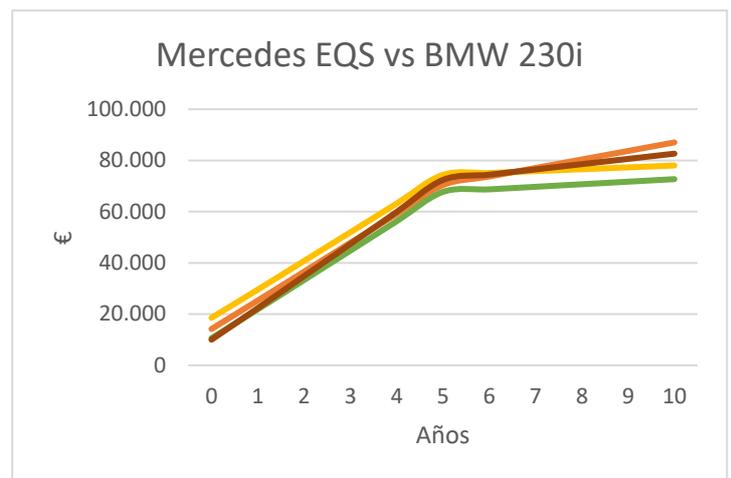
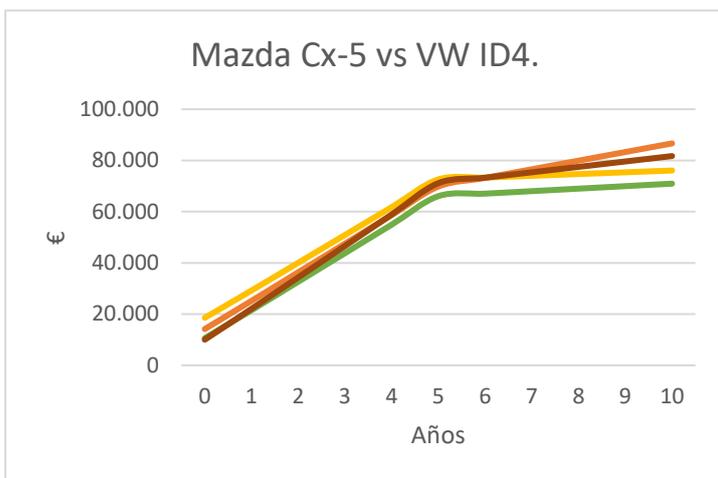
Se ha escogido cuatro modelos base eléctricos y se han comparado con otros cuatro modelos de características similares, pero con motores de combustión. Para cada caso se han recogido los valores del seguro, mantenimiento, impuestos, precio de

compra, gasto de combustible, ... y se ha hecho una tabla comparativa del coste total del vehículo año por año para ver si realmente los coches eléctricos son tan caros como dicen.

Las inversiones consideradas han sido la instalación de placas solares en casa, y el punto de recarga doméstico. Para ambos casos, se han consultado diferentes páginas web de varias empresas que se dedican a la instalación de dichas infraestructuras, y se han elegido las más baratas para el ejercicio. Las placas solares ayudan a generar electricidad totalmente limpia y gratuita que se puede usar para cargar el coche, con el consecuente ahorro de dinero a largo plazo de toda la energía producida y usada para el transporte, así como el ahorro en las emisiones emitidas en la generación. En este caso, esta inversión solo tiene sentido si viene acompañada de un punto de recarga doméstico. Con el uso de un cargador inteligente en casa se abre la opción de cargar el coche en las horas valle, que es cuando menos cuesta la energía, por lo que esta inversión también será beneficiosa a largo plazo.

4. Resultados

Los resultados del coste de los diferentes modelos en base a las diferentes inversiones se presentan a continuación:



- Gasolina
- Carga doméstica con placas solares
- Carga doméstica sin placas solares
- Carga en puesto público

5. Conclusiones

De cara a la introducción masiva del vehículo eléctrico, existen fuertes y complejos retos a considerar:

- La mejora de la tecnología de las baterías para asegurar mayor densidad energética, durabilidad, seguridad y menor coste-disminución de riesgo tecnológico.
- El desarrollo y mejora de la infraestructura, fundamentalmente para garantizar la disponibilidad de suficientes puntos de recarga rápidos y super rápidos
- La disminución del diferencial de costes del vehículo eléctrico con respecto al vehículo convencional
- Desarrollo de una mayor gama de vehículos disponible para todos los perfiles de usuarios.

Por otro lado, como se ve en las imágenes de los resultados, el coste de los vehículos de gasolina siempre acaba por encima que el resto, por lo que hoy en día, pese al coste inicial más caro de los coches eléctricos, el ahorro del combustible junto con las opciones de financiación y ayudas del gobierno resulta más barato a largo plazo adquirir este tipo de coches. Además, también se comprueba que si combina con un punto de recarga doméstico se consiguen costes aún más bajos. La instalación de placas solares también resulta más económica, pero a un plazo de 10 años no resulta rentable. Se tendría que esperar más tiempo para ver la rentabilidad de dicha instalación (en los gráficos se observa que tiene una pendiente menor que le resto de los casos, por lo que transcurridos más años el precio acabará siendo el más bajo).

Respecto a las emisiones, se puede comprobar en la tabla a continuación que el uso de los coches eléctricos con las placas solares es la única opción con la que se consigue 0 emisiones. De cualquier manera, el uso del coche eléctrico implica menos emisiones que uno de combustión:

Emisiones anuales kgCO ₂ e/año				
recarga doméstica con placas	0	0	0	0
puesto doméstica sin placas	631,04	631,04	658,65	611,32
puesto de recarga pública	704,48	704,48	735,30	682,47
	Renault	Citroën	Volkswagen	Mercedes

Emisiones anuales kgCO ₂ e	2422,976	2195,822	2877,284	2763,707
	Peugeot	Citroën	Mazda	BMW

THE EXPERIENCE OF SWITCHING FROM FUEL TO ELECTRIC MOBILITY

Author: Cano Algarra, Ignacio.

Director: Gómez López, José Elías.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

PROJECT SUMMARY

In this current framework of climate emergency, electric cars are gaining more and more prominence, and therefore, this project was born with the aim of making an analysis of the viability and economic impact of the change from a mobility in fuel to an electric one. The result obtained belies the popular belief that electric vehicles while affirming their lower impact on the environment.

Keywords: Mobility, Electric, Car.

6. Introduction

Given the serious climatic situation and the current environmental quality of cities, the European Union has decided to take measures and has opted for a ban on the manufacturing of cars equipped with combustion engines in 2030. The problem was born with the Industrial Revolution in the seventeenth century and since then, people have been contaminating with no limits, so now the planet begins to pay the consequences. Despite the recent beginning of the expansion of electric transportation, the electric car was already invented in 1839, even before the conventional combustion engine. However, their limited performance and difficulties for their use due to the electric infrastructure, added to the great evolution of the combustion engine made them fall into oblivion. The new challenge of curbing pollution has brought up the solutions of the electrical transformation of transportation. In this current framework of climate emergency, electric cars are gaining more and more prominence, becoming mandatory within 12 years. Continuous advances in technology have made it possible to manufacture batteries with improved power and autonomy over time, as well as electric motors are now equal or even more powerful than combustion engines, which facilitates this transformation.

However, there are still many drawbacks of this type of car which slows down the advance of electric mobility, and that is why this project was born with the aim of clarifying and solving the doubts that keep drivers from opting for the electric car.

7. Project Scription

The project can be divided into two parts. First, an introduction to the world of electric mobility is made, and a second part where an exercise is carried out with the objectives of analyzing the feasibility of acquiring an electric car, and the environmental impact compared to a combustion one.

In the first part there is a brief presentation of the history of the electric car (invented by Robert Anderson), and the development it had until reaching the current situation: they had their golden age in the twentieth century after the invention of the electric motor, but they were replaced mainly by the legacy of Ford and his chain production of the combustion car, making cars more powerful and economical.

There is also a brief explanation of the operation of the engine and its most important aspects such as the compass effect of the magnetic fields that are the origin of the movement of the car, and the battery system, element that defines the power, autonomy, and price of the car. There are many types, but the most widespread currently and the best performance are lithium-ion. It is also the most polluting element, so it is the main object of criticism of the electric car.

To give an overview of electric mobility, the different types of electric cars on the market (BEV, FCEV, EREV, FCEV, HEV) and other electric transport alternatives such as VMPs (scooters and electric motorcycles, unicycles or segways) are exposed. Among the advantages of electric cars are subsidies from the government, ability to enter Low Emission Zones, fuel savings, less maintenance, tax reductions...

Despite all the advantages of using the electric car, one of the biggest current complications is the electricity grid and the infrastructure of charging points. It is the fact that most complicates its extension of the usage of electric vehicles. The analysis indicates that, in Spain, both the extension and distribution of charging points is much further behind other European countries, a fact that makes it difficult to drive these cars since it is estimated that almost 70% of vehicles sleep on the street and not in the garage, with the impossibility of being able to recharge it at home.

Finally, before carrying out the economic study, the emission factors of the different energy marketers have been obtained, as well as those of the different fuels in order to calculate and compare the impact that the use of each type of car has on the carbon footprint. Once the values have been collected, together with the activity data established in each case of the practical exercise, the following formula is used to determine the carbon footprint:

Carbon Footprint = Activity Data * Emission Factor

8. Description of the exercise

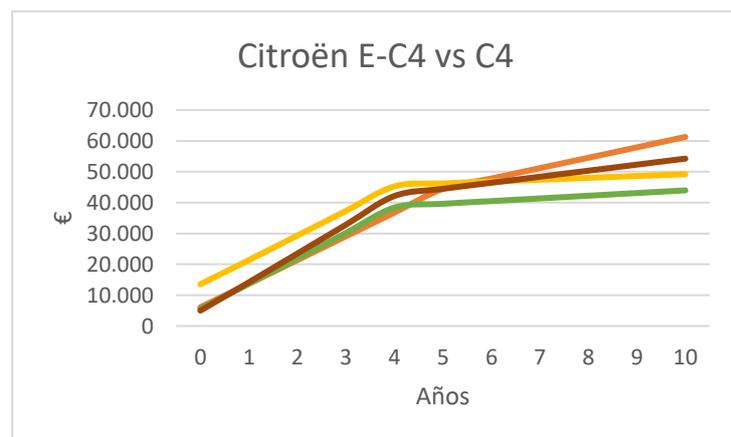
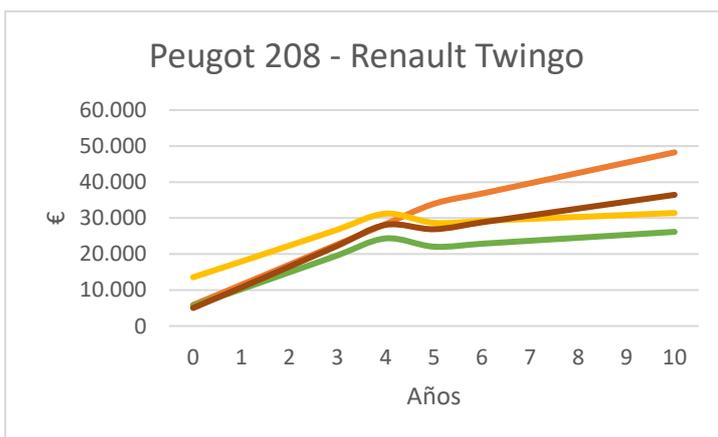
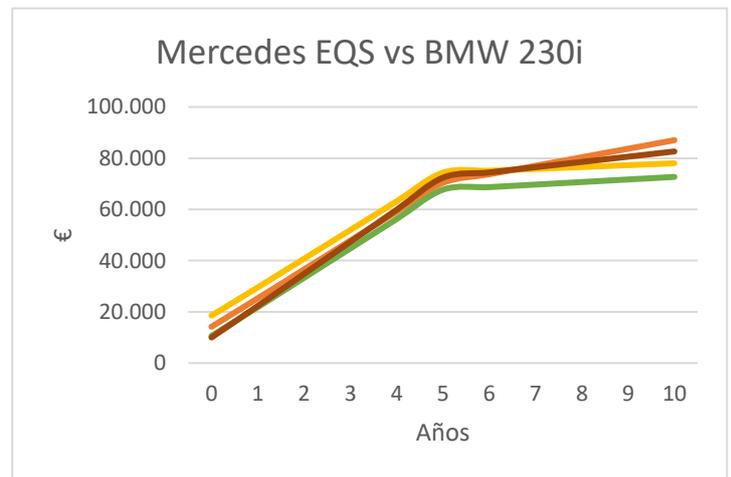
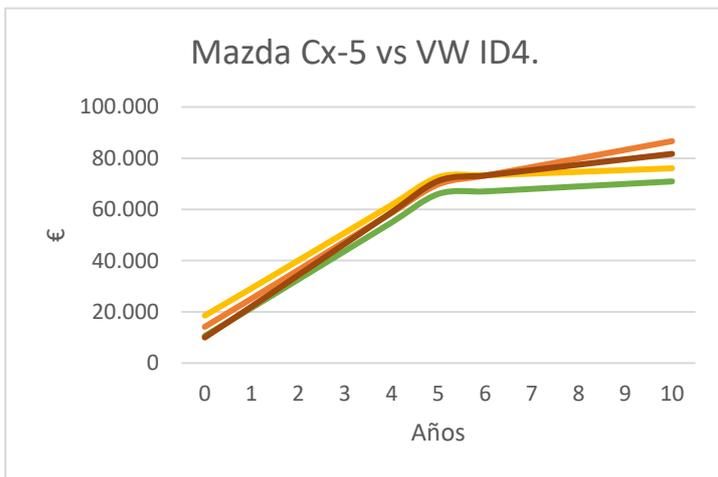
For the economic analysis, different financing options have been considered, as well as parallel investments affecting the final price and the environmental impact.

Four electric base models have been chosen and compared with four other models with similar characteristics, but with combustion engines. For each case, the values of insurance, maintenance, taxes, purchase price, fuel costs, and a comparative table of the total cost of the vehicle has been made year by year to see if electric cars are really as expensive as they say compared to the combustion ones.

The investments considered are to install solar panels at home and the domestic charging point. For both cases, different websites of several companies dedicated to the installation of these infrastructures have been consulted, and the cheapest ones have been chosen for the study case. Solar panels help generate free and totally clean electricity that can be used to charge the car, with the consequent saving of money in the long term of all the energy produced and used for transport, as well as savings in emissions emitted in the generation. In this case, this investment only makes sense if it is accompanied by a domestic charging point. With the use of a smart charger at home opens the option of charging the car in off-peak hours, which is when energy costs the least, so this investment will also be beneficial in the long term.

9. Results

The cost results of the different models based on the different investments are presented below:



- Gasolina
- Carga doméstica con placas solares
- Carga doméstica sin placas solares
- Carga en puesto público

10. Conclusions

To carry out the massive introduction of the electric vehicle, there are strong and complex challenges to consider:

- Improving battery technology to ensure greater energy density, durability, safety, and lower cost-reduction of technological risk.
- The development and improvement of infrastructure, mainly to ensure the availability of sufficient fast and super-fast charging points
- The reduction of the cost differential of the electric vehicle with respect to the conventional vehicle
- Development of a wider range of vehicles available for all user profiles.

On the other hand, as seen in the images of the results, the cost of gasoline vehicles always ends up above the rest, so today, despite the more expensive initial cost of electric cars, fuel savings along with correct financial options and government aid it is cheaper in the long term to acquire this type of car. In addition, it is also verified that, if combined with a domestic charging point, even lower costs are achieved. The installation of solar panels is also better, but within 10 years it is not profitable. You would have to wait longer to see the profitability of this installation (in the graphs it is observed that it has a lower slope than the rest of the cases, so after a few more years the price will end up being the lowest).

Regarding emissions, it can be seen in the table below that the use of electric cars with solar panels is the only option with which 0 emissions are achieved. Either way, the use of the electric car implies fewer emissions than a combustion car:

Annual emissions kgCO ₂ e/year				
Home recharge with solar plates	0	0	0	0
Domestic station without solar plates	631,04	631,04	658,65	611,32
Public charging station	704,48	704,48	735,30	682,47
	Renault	Citroën	Volkswagen	Mercedes

Annual emissions kgCO ₂ e	2.422,976	2.195,822	2.877,284	2.763,707
	Peugeot	Citroën	Mazda	BMW

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Antecedentes	15
1.2 Objetivo	16
1.3 Metodología	17
2. HISTORIA DEL COCHE ELÉCTRICO	17
3. FUNCIONAMIENTO DEL COCHE ELÉCTRICO	19
3.1. Motor	19
3.2. Baterías	21
3.3. Recarga de baterías: freno regenerativo	22
4. TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	23
5. VENTAJAS ELÉCTRICAS VS COMBUSTIÓN	24
5.1. Prestaciones	26
6. OTRAS ALTERNATIVAS ELÉCTRICAS	28
7. CONTRIBUCIÓN DE LOS VEHÍCULOS A LA CONTAMINACIÓN	30
7.1. Emisiones de CO2 equivalente	33
8. OBJETIVO 55: PROHIBICIÓN DE VEHÍCULOS DIÉSEL Y GASOLINA	41
8.1 Objetivos y medidas para la huella de carbono	41
8.2 Legislación y directrices vigentes en España	44
9. ZONAS DE BAJAS EMISIONES Y AYUDAS DEL GOBIERNO	45
9.1 Plan Moves III	46
10. LA INFRAESTRUCTURA DE LA RED ELECTRICA ESPAÑOLA	47
10.1 Introducción	47
10.2 Visión y situación a nivel europeo	48
10.3 El Sistema Eléctrico en España	49
10.4. Puntos de recarga	51
10.5 Smart Grids	58
11. Caso práctico	59
11.1. Modelos de vehículos	60
11.2. Placas solares	61
11.3. Punto de carga	63
11.4. Aparcamiento	66
11.5. Emisiones	67
11.6. Financiación	67

11.7. Cálculos	73
12. Conclusiones	80
13. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)	82
14. Bibliografía	83
Anexos	84

ÍNDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES

Tabla 1. Características de otros vehículos eléctricos	30
Tabla 2. Emisiones totales brutas de gases de efecto invernadero.....	37
Tabla 3. Emisiones de contaminantes del año 2020 en España	43
Tabla 4. Subvenciones del Plan Moves III	46
Tabla 5. Plan Moves III. Ayudas a la infraestructura de recarga.....	47
Tabla 6. Características de los modelos de coches base.....	73
Tabla 7. Costes de los coches eléctricos	74
Tabla 8. Costes de los coches de combustión.....	75
Tabla 9. Precio acumulado año por año de cada coche	76
Ilustración 1. Vehículo eléctrico moderno vs. antiguo	18
Ilustración 2. Efecto brújula en campos magnéticos creados por bobinas	20
Ilustración 3. Partes principales de un motor eléctrico	21
Ilustración 4. Curvas características del motor eléctrico y de combustión	27
Ilustración 5. E0711-11 EVO. Coche con el récord de aceleración	28
Ilustración 6. Patinete eléctrico / moto eléctrica	29
Ilustración 7. Segway / monociclo eléctrico	30
Ilustración 8. Motor de combustión	31
Ilustración 9. Boina de Madrid.....	33
Ilustración 10. Nuevas Matriculaciones en la Comunidad de Madrid	33
Ilustración 11. Emisiones atmosféricas mundiales en 2017	34
Ilustración 12. DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES EN ESPAÑA	37
Ilustración 13. Evolución del co2 equivalente en España vs Evolución de las fuentes de generación de energía	39
Ilustración 14. Distribución de las emisiones en la Unión Europea en 2019	40
Ilustración 15. Emisiones de turismos y furgonetas	40
Ilustración 16. Evolución de las emisiones de los coches nuevos en Europa	42
Ilustración 17. Objetivos de las emisiones de nuevos turismos y furgonetas	43
Ilustración 18. Emisiones de CO2 del sistema Eléctrico. Fuente: REE	44
Ilustración 19. Impacto del consumo eléctrico de VE sobre la demanda del sistema.....	50
Ilustración 20. Coste estimado de los puntos de recarga vs tiempo de carga.....	52
Ilustración 21. Comparativa puntos públicos de recarga en España vs unión europea	53
Ilustración 22. Turismos electrificados vs objetivos establecidos (2022)	54
Ilustración 23. PUNTOS DE RECARGA VS OBJETIVOS ESTABLECIDOS (2022).....	54
Ilustración 24. PUNTOS DE RECARGA POR COMUNIDADES AUTONOMICAS (2022).....	55
Ilustración 25. Estimación de la evolución de puntos de recarga.....	58

Ilustración 26. Estimaciones de generación de energía con placas solares. Compañía Naturgy	62
Ilustración 27. Producción anual de placas solares	63
Ilustración 28. Precios de instalaciones de cargadores domésticos.....	64
Ilustración 29. Precios de la electricidad en los hogares en España.....	65
Ilustración 30. Precios al consumidor de productos petrolíferos.....	66

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En los inicios de la humanidad el impacto en el planeta y en el medio ambiente era prácticamente nulo. Sin embargo, con el desarrollo y avance de las civilizaciones nuestras acciones comienzan a tener huella con las creaciones de minas para extraer materiales como metales para su posterior fundición, carbón, oro... Se sabe que la contaminación tiene lugar antes de la Revolución Industrial gracias a descubrimientos de partículas contaminantes almacenadas en capas de glaciares y en el suelo, pero debido a su poca cantidad, no se considera que tenga repercusión alguna en el medio ambiente. Comienza a ser un problema de grandes dimensiones desde el comienzo de la Revolución Industrial a mediados del siglo XVII y su posterior desarrollo. A partir de este hecho se empieza a hacer uso sin ningún tipo de límite y sin conciencia de las consecuencias que podía acarrear del carbón, petróleo y otros combustibles fósiles. Dichos recursos se denominan fuentes de energía no renovables ya que no se regeneran, o lo hacen a un ritmo menor de los que se consume. Desde entonces la población ha crecido exponencialmente, necesitando más recursos, más energía y por tanto generando más contaminación. Dicha Revolución, el continuo avance de la tecnología, la globalización y un crecimiento desenfadado de la población junto con un gran desinterés y despreocupación por este tema ha provocado que tengamos un presente y futuro muy preocupantes debido al estado actual de nuestro planeta derivando, entre otros problemas, al cambio climático.

Durante las últimas décadas se ha agravado tanto la situación que desde hace tiempo hay efectos visibles como el aumento de la temperatura del planeta por el cambio climático, el deshielo de los polos, la famosa boina de Madrid también presente en muchas otras grandes ciudades, enfermedades respiratorias en ciudades muy expuestas, el agotamiento de las fuentes no renovables... Como consecuencia la población por fin está tomando conciencia real del problema. El nuevo programa impulsado por la Unión Europea llamado Horizonte Europa (2021-2027): "Invertir para dar forma a nuestro futuro" establece como una de sus misiones la adaptación al cambio climático y la transformación social, en vez de reparar el daño ya que el deterioro actual es irreparable. Debido al estado de alerta actual, son muchos los esfuerzos que se hacen por intentar minimizar los daños producidos sin cambiar ni empeorar nuestro estilo de vida. Muchos de estos avances nacen a partir de las mejoras tecnológicas como por ejemplo las mejoras en los rendimientos de los diferentes motores y máquinas, se está produciendo un auge de las energías renovables donde su producción es cada vez mayor y más aprovechable, desarrollo de economías circulares, producción de nuevos materiales reciclados...

Un mundo y sociedad tan globalizados y el estilo de vida impuesto hacen de la movilidad algo imprescindible, causando en la mayor parte de la población una gran dependencia de algún tipo de medio de transporte en el día a día. El coche o moto se ha convertido en un elemento indispensable, llegando a haber en España incluso más de un coche por cada dos personas. Sin embargo, los coches con motores de combustión son máquinas muy poco eficientes (la

eficiencia de un motor de combustión interna está entre valores del 20% y el 45% en el mejor de los casos, dependiendo también del combustible usado y sin contar con las pérdidas de transmisión, fricción...). Este tipo de motores tan poco eficientes provoca que el gasto de combustible sea mucho mayor, a lo que sumado con la cantidad de coches en circulación conlleva una gran cantidad de emisiones dentro de las ciudades, además de contribuir a la contaminación acústica. Esto, sumado al crecimiento de las ciudades en población y tamaño, se traduce en unas condiciones atmosféricas muy perjudiciales para los humanos y para el planeta.

En un intento de detener el avance de la contaminación, reducir las emisiones atmosféricas, de combatir la escasez de combustibles fósiles como el carbón, petróleo o gas natural y mejorar las condiciones dentro de las masificadas ciudades surgen los vehículos eléctricos. Con la llegada de la movilidad eléctrica personal (el transporte público como el metro o tren, que son también eléctricos, no serán objeto de estudio en este proyecto) este problema disminuiría notablemente ya que se trata de un transporte de cero emisiones netas (el vehículo no emite gases para desplazarse al funcionar con electricidad). Del mismo modo, reduce el uso de las fuentes de energía no renovables, aunque siguen siendo necesarias para la producción de energía eléctrica en la actualidad, mejorando la situación ambiental de las ciudades. Si a esto se suma una producción de energía limpia a través de fuentes renovables, se conseguiría una movilidad completamente libre de emisiones.

El primer coche eléctrico se creó en 1839, con unas prestaciones obviamente muy limitadas, y desde entonces se ha ido mejorando su tecnología hasta llegar a la situación actual, donde se producen vehículos económicamente más viables para una gran parte de la población y con unas prestaciones que no dejan de mejorar conforme avanza el tiempo. Actualmente cada vez son más las marcas que apuestan por este tipo de tecnología: los conductores se decantan con mayor frecuencia por este tipo de vehículos y se espera que en un futuro a medio plazo la movilidad eléctrica absorba la mayor parte del mercado del automóvil. Del mismo modo, las políticas están propulsando este cambio implantando impuestos a los combustibles, incluso llegando a prohibir la venta de ciertos vehículos de combustión para el año 2035, así como incentivos y ayudas económicas a la hora de adquirir coches eléctricos.

1.2 Objetivo

Desde el reciente y repentino aumento de demanda de los vehículos tanto híbridos como eléctricos, el número de detractores de esta tecnología es muy elevado presentando el debate de si realmente son tan respetuosos con el medio ambiente como se presentan.

Hay que destacar también que el cambio de vehículo suele ser un **proceso económicamente difícil** para el comprador y más cuando se trata de adquirir uno eléctrico dado que los precios de estos siguen estando, a día de hoy, por encima de los de combustión. Además, esta decisión se vuelve más compleja en tiempos de crisis como el periodo actual de postpandemia, agravado por la inestabilidad económica derivada de la Guerra Ucraniana que ha llevado a una gran subida en los precios tanto de los combustibles como de la energía y cuya evolución

afecta a largo plazo en la decisión de elegir entre un coche eléctrico o de combustión. Estos factores hacen de la transformación de la movilidad un camino todavía más complicado.

A causa de toda esta situación, al estado de emergencia climática y al auge de los vehículos eléctricos nace este Proyecto de Fin de Grado. Los objetivos que se persiguen son:

- Estudio de la **viabilidad económica** del cambio de la movilidad en combustible a una eléctrica.
- **Impacto medioambiental** que tiene el uso de los coches eléctricos.
- Estudio de **la infraestructura de la red eléctrica y la red de puntos de recarga** para dar respuesta las dudas que más preocupa a medio plazo a los conductores: ¿Está España preparada para la transición a una movilidad completamente eléctrica? ¿Qué disponibilidad hay en la actualidad para recargar el coche?

1.3 Metodología

La base de trabajo de este estudio consta del análisis de diferentes casos prácticos con opciones reales de mercado profundizando en las siguientes secciones:

- Desarrollo de estimaciones de la cantidad de emisiones según el tipo de vehículo utilizado en cada caso práctico a través de los factores de emisión para estudiar el Impacto medioambiental del uso de vehículos eléctricos frente a los de combustión.
- Estudio comparativo del coste de las recargas de las baterías frente a las recargas de los depósitos de combustible (diésel o gasolina).
- Análisis de las opciones y disponibilidad de recarga de las baterías.
- Estudio de opciones de financiación existentes para facilitar la compra de cara a mejorar la viabilidad económica.
- Cálculo del coste de los coches eléctricos frente a los de combustión bajo diferentes situaciones e inversiones, como la instalación de puntos de recarga domésticos o placas solares que puedan dar rentabilidad a la operación del cambio de movilidad.

2. HISTORIA DEL COCHE ELÉCTRICO

Pese a que el uso del coche eléctrico comienza su expansión en la primera década del siglo XXI teniendo su mayor crecimiento en 2020 incluso a pesar de la crisis provocada por el COVID (en 2020 se vendieron en España un total de 17.941 coches eléctricos, lo que supone un aumento de nada menos que el 78% respecto al ejercicio anterior), lo cierto es que tiene su origen en el siglo XIX. El invento del primer coche eléctrico data en 1839 y se le atribuye a Robert Anderson, teniendo lugar su nacimiento incluso antes del motor de combustión, hacia el 1861. Surgieron tras la necesidad de mejorar el transporte individual ya que mientras la invención del ferrocarril permitía el transporte de grandes cargas a largas distancias, el transporte de personas en aquella época seguía basado en carruajes tirados por animales.

Para el nacimiento del vehículo eléctrico fueron necesarios previos avances en torno al uso de la electricidad. Ányos Jedlik fue el creador del primer motor eléctrico en 1828 y fue el impulsor del resto de máquinas eléctricas mientras que el estadounidense Thomas Davenport construyó en 1834 una máquina que circulaba alrededor de una pista electrificada. Pero el considerado

inventor del primer coche eléctrico fue Robert Anderson quien creó un carruaje convencional alimentado por celdas eléctricas a partir de los experimentos anteriores.

Su uso por aquel entonces estuvo muy limitado hasta que Gastón Planté y Camille Faure desarrollaron las baterías recargables compuestas de plomo y ácido, permitiendo que el coche no tuviese que estar conectado a la red. Gracias a la mejora de estas en los años posteriores se consiguió mejorar las prestaciones de los coches eléctricos, haciendo que estos se impusieran sobre los de gasolina siendo además los favoritos especialmente de las clases adineradas. Finalmente, el siglo XIX termina con Camille Jenatzy batiendo el récord de velocidad llegando hasta los 106km/h en 1899 con un coche eléctrico.

Mientras tanto, a principios del siglo XX (considerada la época dorada de los coches eléctricos) los motores de combustión comienzan a ganar importancia frente a los eléctricos gracias a importantes avances. Los principales problemas de los motores de combustión eran el complicado sistema de arranque con manivela, el cual se sustituyó por un arranque automático, y la complejidad al conducir debido al cambio de marchas. Pero la autonomía y las prestaciones comenzaron a superar notablemente a las eléctricas, además del descubrimiento e inversiones en reservas de petróleo. De este modo, con la llegada en 1908 de Henry Ford y su producción en cadena permitiendo reducir los costes de la fabricación se produce una revolución en el mercado de los coches, iniciando así el auge de los vehículos de combustión. Las continuas mejoras técnicas, económicas y de prestaciones de este tipo de coches sumado a una falta de infraestructura para facilitar las recargas del coche propiciaron la imposición de los coches convencionales.

Sin embargo, como ya se ha explicado en la introducción, la creciente crisis del petróleo por su escasez y subida de precios, la conciencia general de la población por el cambio climático sumada a los avances tecnológicos tanto en los motores como baterías y la construcción de las redes eléctricas que facilitan la recarga de las baterías está provocando el resurgir de los coches eléctricos. La revolución la inicia la empresa Tesla al incluir baterías de litio capaces de dar una autonomía de más de 300 km, aunque las mejores cifras actuales rondan los 757 km correspondientes al Mercedes EQS (aunque en la práctica es algo menor). También se está apoyando este cambio desde la política, ya que por ejemplo la producción de los coches diésel estarán prohibidos en Europa a partir del año 2030, por lo que se puede concluir que los coches eléctricos son el futuro de la movilidad personal.



ILUSTRACIÓN 1. VEHÍCULO ELÉCTRICO MODERNO VS. ANTIGUO ([HTTPS://WWW.MOTORPASION.COM/COCHES-HIBRIDOS-ALTERNATIVOS/HISTORIA-DE-LOS-COCHES-ELECTRICOS](https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-de-los-coches-electricos))

3. FUNCIONAMIENTO DEL COCHE ELÉCTRICO

Un vehículo eléctrico es aquel que funciona con uno o más **motores 100% eléctricos** (algunos coches de alta gama cuentan hasta con cuatro motores, situados cada uno dentro de las ruedas), alimentados por unas baterías que se recargan ya bien al conectarse a la red o con el sistema de auto regeneración en las frenadas.

3.1. Motor

El motor es el encargado de convertir la energía eléctrica en energía mecánica. Actualmente se usan dos tipos de motores eléctricos para los coches: síncronos y asíncronos o de inducción. Se trata de motores mucho más silenciosos y eficientes comparados con los de combustión. También son mecánicamente mucho más sencillos al tener muchas menos piezas móviles evitando pérdidas por fricción y contar con la ventaja de no necesitar una caja de cambios en la transmisión, haciendo la conducción mucho más suave y práctica. Otra de las características de este tipo de motores es que entregan su par máximo de forma instantánea y constante a diferencia de los motores convencionales, resultando en una aceleración más rápida e inmediata. Las principales partes del motor (tanto síncrono como asíncrono) son el rotor, estátor y la carcasa para envolver y proteger las partes internas. El principio de funcionamiento es el mismo independientemente de si es asíncrono o síncrono. Lo primero que hay que saber es que cuando la corriente eléctrica pasa por una bobina se crea un campo magnético. Con la aparición de dos campos magnéticos no orientados, debido al efecto brújula, aparece un par que tiende a orientarlos el cual permanece hasta que ambos campos apuntan a la misma dirección. De esta manera los campos magnéticos creados por las bobinas concéntricas tienden a alinearse, pero si estos dos campos permaneciesen desalineados el par se mantendría. Así, el rotor y estátor están compuestos por bobinas y al pasar la electricidad por ellos se genera los campos magnéticos y por tanto el par que acaba moviendo el rotor del motor, el cual va unido al eje de transmisión, originándose el movimiento del coche. La velocidad de giro del rotor vendrá dada por la frecuencia de la corriente y la forma de evitar que los campos se junten determina el tipo de motor. Como el rotor está girando sobre su eje, su rotor que está alienado con sus bobinas también girará. Entonces, para que se mantenga el ángulo entre los campos, y por tanto el par entre ambos, el del estator deberá también de girar. Pero el estator es un elemento fijo del motor, ¿cómo se consigue que rote? La manera de conseguir que el campo creado por sus bobinas gire, es colocando 3 bobinas cuyos ejes magnéticos están separados 120° de cada uno. Si ahora se introduce corriente alterna por cada bobina, desfasada cada una otros 120° (trifásica), el campo magnético resultante es una distribución senoidal de amplitud y velocidad angular constante, es decir, un campo magnético de valor constante que gira sobre sí mismo.

El motor síncrono se diferencia del de inducción en el funcionamiento del rotor. En el rotor síncrono, hay un único devanado en el que se crea el campo a partir de corriente continua, o en su defecto, son unos imanes permanentes los que crean el campo. En el motor asíncrono, el rotor también dispone de tres bobinas trifásicas donde se genera la corriente alterna por

inducción del estator. El campo giratorio provocado por este provoca la aparición de corriente alterna en las bobinas en cortocircuito, y ésta a su vez crea el campo magnético del rotor.

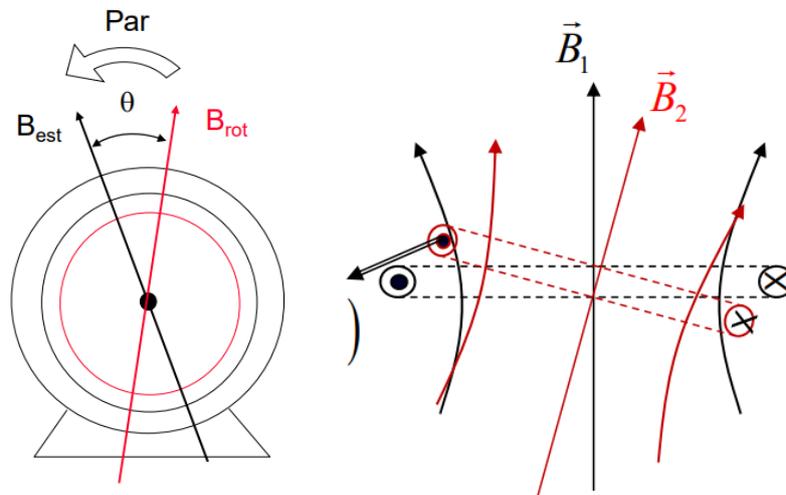


ILUSTRACIÓN 2. EFECTO BRÚJULA EN CAMPOS MAGNÉTICOS CREADOS POR BOBINAS. FUENTE: "FUNDAMENTOS DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS", D. FIDEL FERNÁNDEZ BERNAL

El motor asíncrono recibe ese nombre pues el movimiento del rotor no está sincronizado con el movimiento de los campos magnéticos. Se caracteriza por ser más barato y sencillo de construir y ser capaz de generar muy poco ruido y vibraciones alcanzando una alta fiabilidad. Pero por otro lado es menos eficiente, menos potente y más pesado que el motor síncrono, en el cual el rotor y su campo magnético si están alineados y sincronizados. Para concluir, como el motor usa únicamente como fuente de energía la almacenada en las baterías (en vez de algún tipo de combustible) convirtiéndola, a través de la electricidad y campos magnéticos, en energía mecánica, las emisiones netas expulsadas durante su funcionamiento al aire son nulas siendo este uno de los puntos a favor de este tipo de tecnología.

Otra de las ventajas de estos motores es que pueden llegar a ser mucho más pequeños y compactos que los de combustión, ahorrando peso y espacio pudiéndose llegar a colocar incluso dentro de las ruedas.

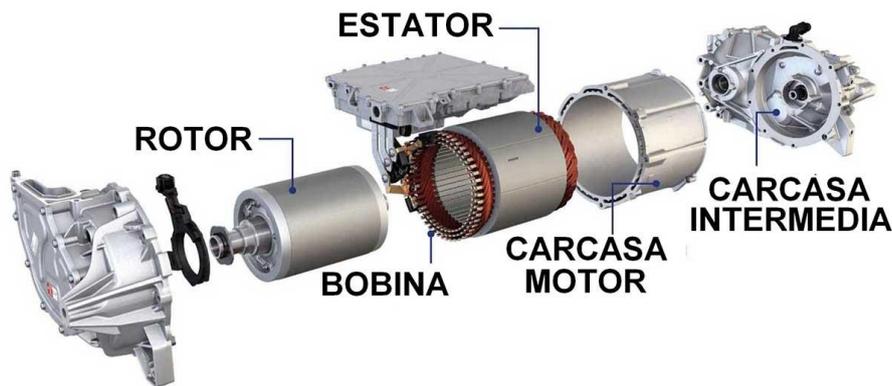


ILUSTRACIÓN 3. PARTES PRINCIPALES DE UN MOTOR ELÉCTRICO. FUENTE:
[HTTPS://SOYMOTOR.COM/COCHES/ARTICULOS/EL-MOTOR-DE-UN-COCHE-ELECTRICO-984469#:~:TEXT=EL%20FUNCIONAMIENTO%20B%C3%A1SICO%20DE%20UN,HACIA%20DELANTE%20O%20HACIA%20ATR%C3%A1S.](https://soymotor.com/coches/articulos/el-motor-de-un-coche-electrico-984469#:~:text=El%20funcionamiento%20b%C3%A1sico%20de%20un,hacia%20delante%20o%20hacia%20atr%C3%A1s.)

3.2. Baterías

Cuando se habla de coches de combustión, la parte en la que primero se piensa es en el motor, ya que en este caso es el principal referente de las prestaciones del vehículo. Sin embargo, para el caso de los eléctricos nada importa el motor sin unas baterías de buena calidad. Estas son el **elemento esencial de todo el conjunto** de piezas que conforman el sistema electromecánico. Desde la invención de los automóviles han sido un verdadero quebradero de cabeza ya que su bajo rendimiento junto a una lenta evolución fueron el motivo de que se viesen relegados en favor de los de combustión.

Las baterías son las que determinan tanto la potencia que puede usar el motor como la autonomía, y marcarán el precio final del coche al ser el componente más caro de producir. Existen diferentes tipos, entre las que destacan:

Batería de Plomo-ácido. Es la más antigua, tiene un bajo coste y buen comportamiento a bajas temperaturas. Sin embargo, tiene una densidad energética baja, la capacidad de recarga es muy lenta y el plomo es muy tóxico. Tienen un ciclo de vida muy corto y están en prácticamente en desuso a la hora de alimentar el motor.

Níquel-Cadmio. Tienen muy buena fiabilidad y su reciclado es muy efectivo, pero tienen un alto coste de adquisición y se deterioran fácilmente con el calor.

Níquel-hidruro metálico. Muy frecuentes en los coches híbridos. Logran eliminar el componente de cadmio, muy contaminante. Son menos fiables que las anteriores, no soporta fuertes descargas (de ahí a que se usen en híbridos) y necesitan mucho más mantenimiento.

Ion-Litio. Son las baterías más modernas y las más usadas en vehículos eléctricos actualmente. Se caracterizan por ser muy fiables, eficientes y alta densidad energética, por lo que permitirán al motor desarrollar más potencia y tener más autonomía. Por el contrario, son muy caras, más

contaminantes y requieren de un almacenaje más cuidadoso. Funcionan de la siguiente manera: en el interior de la celda los iones de litio con carga positiva son transportados por un electrolito líquido desde el ánodo hasta el cátodo a través de un separador. Este movimiento tiene como resultado la descarga de una corriente eléctrica la cual es utilizada para accionar el motor

Se trata del aspecto que más ha evolucionado desde el nacimiento de los coches, pero suponen también el punto de mira sobre el que los detractores basan sus críticas pues es el **elemento que más contamina**. Las baterías actuales están hechas de iones de litio, un material muy caro de extraer y más escaso incluso que el petróleo. Según un artículo de El Confidencial, “ El litio — fundamental para la fabricación de baterías — se acabará antes de 2040 a no ser que encontremos una manera de retrasar ese fin inevitable”, por lo que una vez comience a escasear tendrá lugar una nueva crisis con la consecuente subida de precios de las baterías de este tipo. Además, su posterior reciclaje es un proceso altamente contaminante y apenas se consigue recuperar entre el 50 y 80% de los materiales. Al mismo tiempo, la vida media útil suele durar alrededor de 8 años por lo que habrá que cambiarlas mínimo una vez a lo largo de la vida del coche, convirtiendo a las baterías en el elemento más perjudicial para el medioambiente. Pese a ello, la Unión Europea ya obliga a que se recicle al menos la mitad del peso de las baterías que se retiren, ya que se estima que en los próximos años se desecharán dos millones de toneladas de batería de iones de litio. Otra manera de conseguir reducir la contaminación de las baterías es dándoles un segundo uso, ya que a pesar de que con el paso del tiempo dejan de funcionar correctamente perdiendo autonomía y eficacia en la recarga, se pueden usar como depósitos de energía para fuentes renovables, sobre todo en ambientes domésticos.

3.3. Recarga de baterías: freno regenerativo

La manera principal de cargar las baterías es conectándolas a la red eléctrica. Esta fue una de las mayores preocupaciones durante los primeros avances de los eléctricos pues a la escasa autonomía se le unía la falta de una infraestructura de puntos de recarga. Hoy en día, es relativamente fácil cargar el coche ya que es posible conectarlo a la red ya que hay puestos específicos en parkings, centros comerciales, plazas de aparcamiento adaptadas en la calle (sobre todo en el norte de Europa, donde es mucho más común que en España) incluso en casa si se dispone de un garaje. La velocidad de carga también fue un inconveniente en los inicios, pues para recargar las baterías al 100% costaba muchísimo más tiempo que rellenar el depósito en una gasolinera. Este problema se ha solucionado con la implementación de tres tipos de carga:

- Convencional. Tarda entre 5 y 10 horas (dependiendo de la capacidad de la batería), a través de un enchufe de 16 Amperios y una potencia de 3,6 a 7,4 Kilovatios. La recarga normal es la más extendida en el ámbito doméstico, si bien se puede encontrar actualmente en parkings públicos y centros comerciales.
- Semi-rápida. La batería se puede recargar entre 2 y 4 horas. Según la legislación española (ITC-BT 52), este modo de recarga es obligatorio para los puntos de recarga

de uso público y permite el uso tanto de monofásica como de trifásica con 32A y hasta 22KW. Esta solución de recarga es óptima para recargas que se realizan en los centros de trabajo o en zonas donde el usuario vaya a permanecer entre una hora y hora y media estacionado, como son los centros comerciales, supermercados y en general grandes superficies.

- Rápida/super-rápida. Hasta 150KW. Se realiza en corriente continua y con una potencia a partir de 50KW y puede llegar a recargar el 80% de la batería en tiempos menores de 30 minutos, aunque estos puntos de recarga no están diseñados para instalarlos en las viviendas. Además, este modo daña la vida útil de la batería, por lo que no es recomendable hacerlo siempre de esta forma.

Este tipo de recarga es la que probablemente, desde el punto de vista de un conductor de vehículo eléctrico, podría considerarse más parecido al repostaje de un vehículo de combustión. Por esta razón, aparece a priori como la mejor solución para estaciones de servicio y/o restaurantes de la red principal y secundarias del estado, donde el cliente en principio pasaría cortos períodos de tiempo.

Pero la red eléctrica no es la única manera de conseguir que la energía llegue a las baterías. Un aspecto clave de los vehículos eléctricos es la **frenada regenerativa**. Esta permite la recarga de las baterías cuando se el coche se está moviendo y se pisa el freno o simplemente se suelta el acelerador, haciendo que la energía mecánica del coche vuelva a transformarse en eléctrica almacenándose de nuevo en las baterías. Permite un gran ahorro, aumentando considerablemente la autonomía del coche sobre todo en trayectos urbanos donde las frenadas son constantes. La reducción de la cantidad de energía eléctrica que necesita el coche de la red también supone una contribución al freno de la contaminación, pues la energía vuelve a las baterías de una manera totalmente limpia.

4. TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Dentro de los vehículos que cuentan con motor eléctrico para su funcionamiento, debe diferenciarse distintos tipos según el nivel de electrificación que tengan pues no todos tienen las mismas ventajas ni ayudan a la contaminación de la misma manera:

1. Vehículo eléctrico de baterías (BEV). En este tipo entran los eléctricos puros, es decir, los vehículos que se mueven única y exclusivamente gracias a la electricidad almacenada en sus baterías. Estos vehículos están catalogados con el distintivo ambiental de 0 emisiones.
2. Vehículo eléctrico de pila de hidrógeno (FCEV). Los vehículos catalogados dentro de esta categoría no cuentan con baterías recargables, sino de una pila de combustible (hidrógeno) que es de donde se obtiene la energía. A través de una reacción química dentro de la pila, el hidrógeno se oxida perdiendo electrones los cuales generan la electricidad para alimentar al motor eléctrico. El FCEV también recibe el distintivo ambiental de 0 emisiones. Este tipo de vehículos no tiene gran protagonismo en comparación con los BEV, además de tener incluso más dificultades a la hora de

recargar el depósito del combustible. Tampoco impulsan ni acompañan el uso de energías renovables, por lo que no serán objeto de estudio.

3. Vehículo eléctrico de autonomía extendida (EREV). Estos vehículos cuentan con un motor de combustión (típicamente gasolina) y uno o varios eléctricos. La peculiaridad reside en que el motor de combustión es el encargado de generar la electricidad que alimenta a las baterías, que a su vez para alimentan el motor eléctrico, el cual es el encargado de mover el coche. La autonomía eléctrica es mayor que la de un híbrido, pero menor que la de un eléctrico puro, aunque también se puede conectar a la red. Recibe el distintivo ambiental de 0 emisiones siempre que tengan una autonomía puramente eléctrica mayor a 40 kilómetros. Tampoco se analizará debido a su poco uso y a que recoge las desventajas de los eléctricos y los de combustión, siendo además poco eficientes.
4. Vehículo híbrido enchufable (PHEV). El motor de combustión (gasolina por lo general) está acompañado de un o varios motores eléctricos. Se diferencian de los anteriores porque ambos motores se utilizan para impulsar el movimiento del coche, ya sea ambos a la vez o por separado. El motor eléctrico se alimenta con una batería de poca potencia y autonomía, que no suele sobrepasar los 50 kilómetros. Al ser enchufable, la batería se puede recargar con la red eléctrica, además del freno regenerativo. Esto permite que el coche pueda funcionar puramente como uno eléctrico en trayectos cortos. También se puede recargar la batería mediante el motor de combustión. Se consideran con la categoría de 0 emisiones siempre que tengan una autonomía puramente eléctrica mayor a 40 kilómetros.
5. Vehículo híbrido no enchufable (HEV). Son similares a los PHEV, con la diferencia de que la batería tiene una capacidad muy limitada y que solo se puede recargar mediante los sistemas de desaceleraciones y frenadas. Debido a esto, la autonomía en modo eléctrico es muy escasa, siendo útil únicamente en trayectos urbanos. En este caso, cuentan con distintivo ambiental de ECO.

5. VENTAJAS ELÉCTRICAS VS COMBUSTIÓN

Los funcionamientos del coche eléctrico y de combustión ya se ha visto que no tienen nada que ver. Tienen un comportamiento y una mecánica totalmente diferente y también se ha explicado la manera en que los motores eléctricos funcionan para contribuir al medio ambiente. Pero más allá de eso, ¿qué otras ventajas pueden tener frente a los de combustión?

Respecto a la movilidad y ahorro económico, los coches eléctricos tienen numerosas **ventajas**:

- Ayudas financieras. Las políticas de los países europeos están impulsando campañas con numerosas ayudas y bonificaciones para favorecer la venta de este tipo de coches para lograr los objetivos de la Unión Europea de cero emisiones en el 2050. (Ver ayudas del Gobierno de España en [apartado 9.1](#))
- Impuestos. Los coches eléctricos están libres del Impuesto de Matriculación y tienen reducciones muy significativas en el Impuesto de Circulación. Además, cuentan con

descuentos en algunos peajes y pueden usar los carriles bus VAO sin ninguna restricción.

- Mantenimiento más sencillo. El sistema mecánico de los coches eléctricos es mucho más sencillo que el de un coche convencional, lo que hace que sean más fáciles de mantener. Carecen de embrague, caja de cambios, cigüeñal, motor de arranque y no necesitan cambios de aceite. Además, los frenos se desgastan menos porque la frenada regenerativa hace su función en muchas ocasiones. Todo esto se traduce en menor desgaste y por tanto menor mantenimiento.
- Menos ruido. Los motores de combustión, debido a las explosiones continuas en el interior de los pistones son muy ruidosos. Sin embargo, los eléctricos apenas hacen ruido, mejorando notablemente la calidad del ambiente de las ciudades.
- Etiqueta Cero emisiones. A los vehículos eléctricos se les otorga la etiqueta cero, útil en las grandes ciudades que cuentan con restricciones de movilidad. Pueden circular libremente por el centro de las ciudades, aunque haya protocolos por contaminación y aparcar sin límite de tiempo y de manera gratuita en las zonas azules y verdes de aparcamiento.
- Coste de movilidad. Los motores síncronos o de inducción son mucho más eficientes que los de combustión. Este mayor rendimiento significa que para desarrollar la misma potencia mecánica, un eléctrico consume menos energía de las baterías que un motor normal de su combustible. Además de esto, el precio de la energía eléctrica es más barato que la del petróleo, el cual no parará de subir debido a su escasez. Asimismo, si se dispone de una fuente de energía renovable como paneles solares, o una turbina eólica en casa, puede reducir considerablemente los costes.
- Ahorro en el seguro. Las compañías de seguros ofrecen a los vehículos eléctricos tarifas más baratas que a los de combustión.

Sin embargo, si todo fuesen ventajas ya se habría dejado de comprar los vehículos de combustión desde hace tiempo. Hay factores que siguen empujando a la población a seguir con los vehículos clásicos, pese a todos los avances que se han realizado. Es de esperar que el progreso de los eléctricos continúe y las desventajas disminuyan. Los principales **inconvenientes** son:

- Precio. El precio inicial de compra sigue estando por encima de los coches de combustión, y el precio de las baterías, en caso de fallo o necesidad de sustitución, sigue siendo muy alto. Hay casos en los que comprar una batería nueva para un coche eléctrico ya usado supone un mayor gasto que el realizado en la compra inicial del coche.
- Autonomía. Es el mayor punto débil de los eléctricos. El alcance mejora año tras año, pero suele estar entre los 150 y 500Km de autonomía para vehículos de gama media o baja. Sigue siendo muy inferior a la autonomía de un coche de baja gama de combustión, por lo que no son adecuados para distancias largas.
- Tiempos de carga. Con la llegada de la carga rápida se soluciona este problema, pero no deja de ser un modo poco recomendable que daña la batería. Si no se dispone de este modo, se llegan a necesitar horas para tener las baterías listas. Esto tampoco lo

hace apropiado para un trayecto muy largo. Por el contrario, un depósito de combustible se llena en cuestión de minutos.

- Infraestructura de recarga. Si no se dispone de un garaje con una toma de recarga especializada para recargar, tener un coche 100% eléctrico puede ser más o menos complicado dependiendo del país donde se viva. En España aún no hay una infraestructura adaptada al 100% para estos vehículos, ya que en los trayectos de autopista apenas hay disponibilidad. Por lo que resulta difícil en la mayoría de las situaciones poder cargarlo. En ciudad es algo más sencillo, ya que cada vez hay más sitios de aparcamiento destinados a la recarga como en centros comerciales, en la calle... aun así España sigue a la cola de los países de Europa en este aspecto. Esto obliga a planificar previamente los trayectos estudiando los posibles puntos de recarga que se encuentran en el camino.
- Falta de talleres. Su mecánica es más sencilla y fiable, pero el hecho de ser un mecanismo totalmente diferente al resto de coches hacen que la mayoría de los talleres no estén aún adaptados. Por lo tanto, frente a una avería, será más complicado y caro conseguir un taller o mecánicos especializados para la reparación. Además, conseguir piezas de recambio no resulta nada sencillo en comparación con los motores convencionales, mucho más comunes.
- Baterías. El rendimiento de las baterías en temperaturas extremas disminuye mucho, recortando la autonomía en los meses de mucho calor o frío. Además, los ciclos de carga son limitados y la vida útil de la batería es mucho más corta que la del propio coche, siendo esta el elemento más caro. Por lo que, si el objetivo es que el coche dure muchos años, la batería habrá de ser cambiada con el paso de los años.

Por lo tanto, si se necesita un vehículo para el transporte del día a día en trayectos dentro de la ciudad, lo mejor es, a priori, la compra de un vehículo eléctrico ya que en estos recorridos consumen mucho menos y son capaces de recargar más batería con el uso de las frenadas regenerativas. Por el contrario, si lo que se busca es hacer viajes largos por carretera parece que la mejor opción en la actualidad es la de un motor de combustión, con mucha mayor autonomía y disponibilidad para la recarga.

5.1. Prestaciones

Pese a que se pueda pensar que un motor eléctrico es menos capaz que un motor de combustión, la realidad es totalmente diferente. Cierto es que los coches con motores de gasolina o diésel pueden alcanzar velocidades punta algo superiores a los eléctricos, pero a la hora de aceleraciones y frenadas, no se quedan para nada atrás. De hecho, los vehículos **eléctricos poseen mayor aceleración**: el récord de aceleración lo tiene un prototipo desarrollado por un equipo de estudiantes de la universidad de Stuttgart. El coche está diseñado para la competición y logró alcanzar los 100km/h en 1,461 segundos. Otros vehículos comerciales de alta gama, como el Tesla Model S Plaid o el Tesla Roadster, logran tiempos cercanos a los 2 segundos y para conseguir cifras inferiores se necesita tecnologías híbridas o eléctricas.

Las curvas de la ilustración 4 representan las curvas características de un motor eléctrico y otro de combustión, ambos equipados en diferentes modelos de la marca Nissan. La primera diferencia la vemos en que la curva del eléctrico (de color rojo), comienza a partir de 0rpm y la curva morada (correspondiente al motor de combustión) a partir de las 700rpm aproximadamente. Esto se debe a que los motores eléctricos son capaces trabajar tanto a bajas revoluciones como a altas, mientras que los del otro tipo se vuelven inestables y no pueden funcionar por debajo de unas revoluciones determinadas. Lo mismo ocurre a altas revoluciones: A partir de las 2500 el de combustible deja de funcionar mientras que el eléctrico continúa haciéndolo. Este hecho explica que se necesite un embrague y caja de cambio para llegar a velocidades con el coche más altas. Pero lo más destacable es que el eléctrico despliega todo su par desde parado, mientras que el de combustión no llega a dar su máximo hasta las 2500rpm aproximadamente. Esto hace que durante los primeros instantes el coche eléctrico sea mucho más potente consiguiendo una mayor aceleración. Sin embargo, pese a que la potencia desarrollada a altas velocidades sigue siendo elevada, el par que es capaz de desarrollar el eléctrico disminuye notablemente debido a la fuerza electromotriz que aparece debido al campo magnético, la cual se opone a la tensión de alimentación. Como dicha fuerza es proporcional a la velocidad, esta es insignificante al principio, pero resta mucha fuerza a altas revoluciones. Esto se observa en el gráfico izquierdo, donde la curva roja cae considerablemente a partir de las 6000rpm.

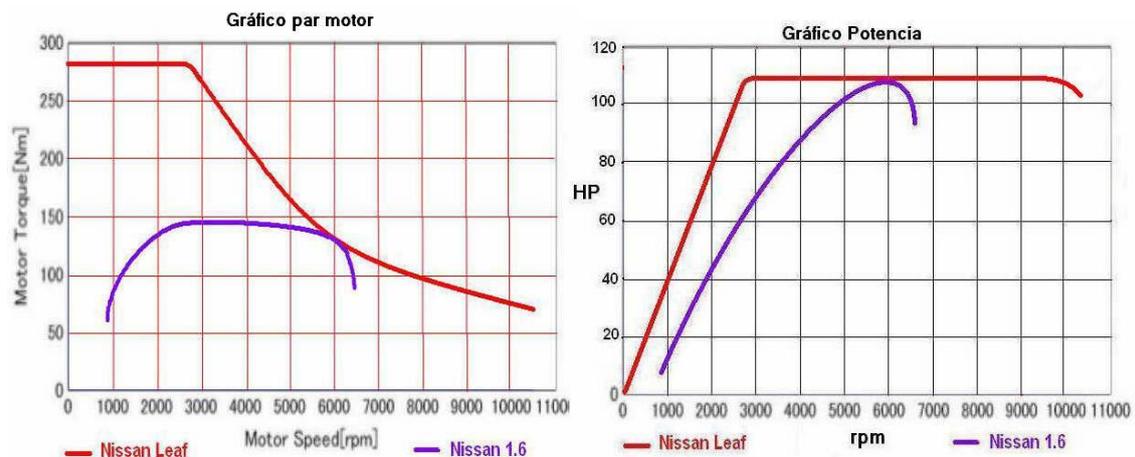


ILUSTRACIÓN 4. CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR ELÉCTRICO Y DE COMBUSTIÓN. FUENTE: [HTTPS://WWW.AUTONOCION.COM/MOTORES-COMBUSTION-DIESEL-GASOLINA-VS-ELECTRICOS-PAR/](https://www.autonocion.com/motores-combustion-diesel-gasolina-vs-electricos-par/)

Todas las curvas de ambos motores son similares a la de los gráficos de arriba, (variando el rango de revoluciones, los valores de par y potencia y el área encerrada) por lo que la explicación se puede extrapolar a cualquier motor del mismo tipo. Para concluir, en un momento de indecisión entre adquirir un vehículo eléctrico o de combustión, la balanza no puede decantarse a favor del combustible si lo que se busca son las prestaciones y la deportividad del coche.



ILUSTRACIÓN 5. E0711-11 EVO. COCHE CON EL RÉCORD DE ACELERACIÓN. FUENTE:
[HTTPS://WWW.TOPGEAR.ES/NOTICIAS/COCHE-ELECTRICO/E0711-11-EVO-COCHE-ELECTRICO-RAPIDO-PLANETA-NO-TE-DA-TIEMPO-PESTANEAR-1143517](https://www.topgear.es/noticias/coche-electrico/e0711-11-evo-coche-electrico-rapido-planeta-no-te-da-tiempo-pestanear-1143517)

6. OTRAS ALTERNATIVAS ELÉCTRICAS

En este apartado se explorarán otras alternativas de movilidad eléctrica. Los coches son el medio de transporte más usado tanto para trayectos cortos como para trayectos de distancia media-larga debido a su coste, autonomía, comodidad y practicidad. Sin embargo, a la hora de centrarse en los trayectos urbanos, podemos encontrar medios mucho más baratos y respetuosos con el medio ambiente.

Los motores eléctricos son de diversos tipos y tamaños. No solo hay de corriente alterna, como los de inducción y los síncronos descritos anteriormente, sino que hay también motores eléctricos de corriente continua. Este tipo de motores tienen la ventaja de ser mucho más pequeños y ligeros a pesar de entregar mucha menos potencia. Para casos en los que no se necesitan grandes prestaciones la implementación de estos motores puede ser muy beneficiosa, como por ejemplo en los VMP (vehículos de movilidad personal) o en otros vehículos en los que no se necesiten grandes potencias como lo pueden ser las bicicletas o motos. Este tipo de transporte nunca llegará a sustituir a los coches, pero entran dentro de la movilidad eléctrica y se explorarán las diferentes posibilidades.

Un VMP es un vehículo con capacidad para una persona propulsado por un motor eléctrico y que llega hasta una velocidad de 25Km/h. Con la llegada de estos medios de transporte, sumado con las bicicletas o motos eléctricas, no solo se ayuda a cumplir el objetivo de una movilidad de 0 emisiones como establece la Unión Europea para el año 2050, sino que además se ayuda a frenar la contaminación de otras formas. Lo primero que hay que destacar es que las baterías no son tan grandes ni necesitan tanta energía de la red para sus recargas. Al pesar menos y usarse en vehículos mucho más ligeros y contar con menos potencia hacen que consuman mucho menos que los coches. Así pues, al necesitar menos energía, la contaminación será mucho menor. Por otra parte, la huella de carbono bruta de estos transportes es mucho menor al ser su producción mucho más sencilla por tener menor

cantidad de materiales. Por lo tanto, reciclarlos siempre será mucho más fácil y menos costoso para el medio ambiente. Además, ayudan a descongestionar el tráfico de las ciudades, siendo vehículos mucho menos voluminosos y con mejor manejabilidad.

Por tanto, su principal ventaja son su bajo coste y consumo, aparte de que son muy prácticos al poder guardarlos en espacios pequeños haciéndolos ideales para distancias cortas. Los principales destacados dentro de los VMP y vehículos de movilidad urbana son:

- **Monociclos eléctricos.** Su peculiaridad está en que solo disponen de una única rueda con dos plataformas a ambos lados para que se apoyen los pies y se pueda controlar. Funciona con la inclinación del cuerpo: al estar de pie sobre las plataformas, si se echa el peso del cuerpo hacia delante acelerará y al revés para frenar. Tienen la desventaja de ser más difíciles de controlar y ser más vulnerables a los accidentes.
- **Segway.** Cuenta con manillar y una plataforma con dos ruedas en cuyo interior se encuentra las baterías y el motor. Son más seguros y estables que los anteriores, y tienen el mismo funcionamiento (se controlan con la inclinación, del manillar en este caos). Actualmente solo se venden en determinados países.
- **Patinetes eléctricos.**
- **Motos eléctricas.**
- **Bicicletas eléctricas.** Llevan pequeños motores alimentados con baterías instaladas normalmente en el marco que ayudan al pedaleo. Tienen como inconveniente el precio, pudiendo llegar en algunos casos hasta los 10.000€ con prestaciones muy inferiores a las motos.



ILUSTRACIÓN 6. PATINETE ELÉCTRICO / MOTO ELÉCTRICA. FUENTE: WWW.E-MOTOBIKE.ES,
CDN.GRUPOELCORTEINGLES.ES



ILUSTRACIÓN 7. SEGWAY / MONOCICLO ELÉCTRICO. FUENTE: WWW.SOLORUEDA.COM,
WWW.BUBBAELECTRIC.COM

	Autonomía (Km)	Velocidad (Km/h)	Potencia (W)	Precio (€)
Patinetes	30-65	20-50	300-700	200-1000
Motos	60-200	60-120	4000-9000	1000-10.000
Monociclos	20-100	20-50	500-2000	400-2000
Segway	15-30	15-20	300-600	1000-2000

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE OTROS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Como se ve en la Tabla 1, son medios de transporte que no son comparables a los coches debido tanto a sus prestaciones como su uso: válidos para caminos cortos por ciudad, solo para una persona, no se pueden transportar a más personas u otros objetos, peligrosos en casos de lluvia, los conductores quedan más expuestos...) Sin embargo resultan una alternativa interesante debido a que son mucho más económicos, respetuosos con el medio ambiente, y en el caso de trayectos cortos interurbanos pueden llegar hasta ser más prácticos ya que se evita tener que aparcar, son más indicados para sortear atascos,... En el caso de las motos, al ser más grandes, pueden llevar mejores baterías con motores más grandes que proporcionan prestaciones mucho más destacadas, pudiendo sustituir en muchos casos a las motos convencionales.

7. CONTRIBUCIÓN DE LOS VEHÍCULOS A LA CONTAMINACIÓN

El principio de funcionamiento de un motor de combustión se puede resumir de forma muy simple: se inyecta un combustible en una cámara (pistón) en la cual se quema a alta presión produciéndose una explosión que libera energía. Dicha energía es aprovechada y transformada en energía mecánica gracias a la cual se mueve el vehículo. La manera en la que esto ocurre es gracias al cigüeñal. Cuando el pistón se desplaza hacia abajo, dicho movimiento rectilíneo es transformado en movimiento circular gracias a dicho elemento. El cigüeñal está conectado al eje de la transmisión a través de la caja de cambios, necesaria para adaptar la velocidad del

motor a la velocidad propia del vehículo. Durante dicha explosión, tiene lugar una reacción química donde **se liberan varios tipos de gases**, los cuales salen a la atmósfera a través del tubo de escape. Dichas emisiones son las causantes de la contaminación. Entre estos gases, la mayoría perjudiciales para la salud, predominan los óxidos de nitrógeno NOx (subproducto de la combustión a altas temperaturas), peligrosos tanto para los humanos por su toxicidad como para el medioambiente ya que al combinarse con otros agentes químicos provocan alteraciones en la producción de ozono; SO2 (generados en la combustión de combustibles fósiles), CO (generado a partir de combustiones incompletas debido a un exceso de carburante o escasez de oxígeno), HC (tienen su origen en los hidrocarburos no quemados), CO2...

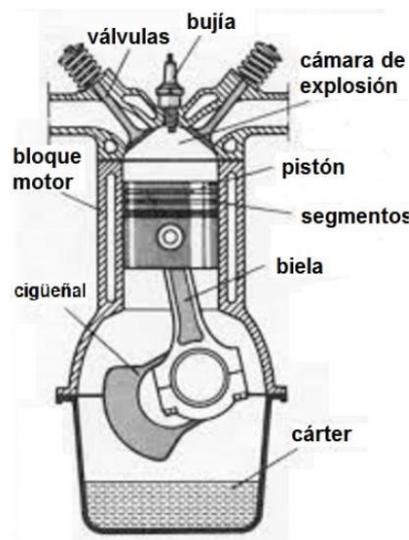


ILUSTRACIÓN 8. MOTOR DE COMBUSTIÓN. FUENTE: [HTTPS://SOYMOTOR.COM/COCHES/ARTICULOS/EL-MOTOR-DE-UN-COCHE-ELECTRICO-984469#:~:TEXT=EL%20FUNCIONAMIENTO%20B%3%A1SICO%20DE%20UN,HACIA%20DELANTE%20o%20HACIA%20ATR%3%A1S.](https://soymotor.com/coches/articulos/el-motor-de-un-coche-electrico-984469#:~:TEXT=EL%20FUNCIONAMIENTO%20B%3%A1SICO%20DE%20UN,HACIA%20DELANTE%20o%20HACIA%20ATR%3%A1S.)

Según datos recogidos en un informe por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), en 2015 (último año con cifras contabilizadas) la concentración de partículas finas en la atmósfera fue responsable de cerca de **391.000 muertes prematuras** en los 28 Estados Miembros de la Unión Europea. Entre los efectos de los gases más importantes emitidos en la combustión de los motores destacan:

- Efectos del NO2: Se trata de un gas tóxico que se obtiene como producto de la combustión a altas temperaturas. Disminuye la capacidad pulmonar de los seres vivos, con niveles muy altos puede llegar a provocar bronquitis aguda y favorecen la aparición de asma y edemas pulmonares pudiendo también producir irritación ocular y de las mucosas.
- Efectos del SO2: Pueden llegar a provocar asma, daña a los pulmones y puede desarrollar diversas enfermedades pulmonares.

- Efectos del CO₂: Su presencia en la atmósfera es normal, incluso necesaria para la realización de la fotosíntesis de las plantas. Incluso lo emitimos los humanos al respirar. Sin embargo, se trata de uno de los gases de efecto invernadero más importantes debido a la cantidad de partículas de este gas que se emiten. Un exceso de este tipo de partículas en la atmósfera contribuye al cambio climático haciendo que ascienda la temperatura del planeta. Este tipo de gas es más habitual en los vehículos de gasolina.
- Benzopirenos: Derivan de los combustibles menos refinados que la gasolina, como por ejemplo el diésel. Este tipo de residuos, en abundancia, provocan las llamadas nubes tóxicas en las ciudades.

Todo esto en proporciones reducidas no posee un gran impacto. El problema lo genera la masificación de las ciudades y la gran cantidad de coches con motores de combustión que hay en circulación: día tras día gran parte de la población necesita desplazarse al trabajo, colegio o cualquier actividad en general y la cantidad de gases emitidos a largo plazo puede ser muy perjudicial. Además, el número de la población crece cada año como consecuencia el número de coches que hay en circulación.

El ejemplo más claro y cercano que hay en España es la famosa **Boina de Madrid**. Se trata de una nube de gases que cubre la ciudad de Madrid, muy característica por su color marrón grisáceo. Ocurre especialmente cuando se dan determinadas circunstancias meteorológicas: en invierno se tiende a usar más tanto el coche como la calefacción; esto provoca más emisiones que en ausencia de lluvias y vientos se queden estancados en las capas bajas de la atmósfera, justo por encima de las ciudades. Estos gases son perjudiciales para la salud y están acompañados por partículas en suspensión, como el hollín, que no son emitidos solo por el transporte, sino que también son expulsados por las calefacciones de las viviendas, industrias, construcción... Al quedarse estancadas aumentan considerablemente el riesgo de padecer enfermedades respiratorias, sobre todo en la población de riesgo. Según el investigador del Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua, Xavier Querol, "Los neumólogos y cirujanos torácicos han estimado que respirar cinco microgramos de partículas pequeñas por cada metro cúbico de aire equivale a fumar un cigarrillo al día." Pero si eliminamos los motores de combustión en favor de los eléctricos, un gran porcentaje de estos gases sería reducido, ayudando a la boina de Madrid a desaparecer. Además, pese a que se sigan usando fuentes de energía no renovables para generar la electricidad de los coches, la contaminación no quedaría tan concentrada en las ciudades, reduciendo los riesgos para la salud de los habitantes. Igualmente, la Unión Europea impone severas sanciones económicas a las ciudades que sobrepasan ciertos niveles de contaminación.



ILUSTRACIÓN 9. BOINA DE MADRID. FUENTE: ELDIARIO.ES

Como se ve en la Ilustración 10, el número de nuevas matriculaciones en la Comunidad de Madrid ha ido creciendo cada año desde el 2013 (a excepción del año 2020, en el cual la bajada se explica por la pandemia debida al COVID)

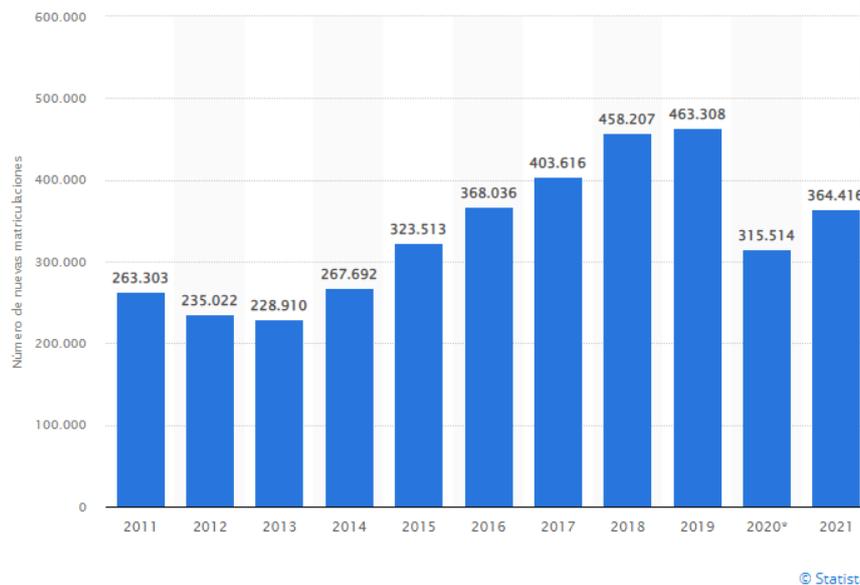


ILUSTRACIÓN 10. NUEVAS MATRICULACIONES EN LA COMUNIDAD DE MADRID. FUENTE: [HTTPS://ES.STATISTA.COM/ESTADISTICAS/812484/NUMERO-ANUAL-DE-MATRICULACIONES-DE-AUTOMOVILES-COMUNIDAD-DE-MADRID/](https://es.statista.com/estadisticas/812484/numero-anual-de-matriculaciones-de-automoviles-comunidad-de-madrid/)

En el año 2022, se han contabilizado hasta el mes de septiembre un total de 25.471 matrículas de coches eléctricos o híbridos, siendo el total de nuevas matriculaciones 196.426 contando también con los motores de combustión. Las cifras de los vehículos eléctricos frente a los convencionales, tan solo un 12,97%, están aún muy lejos de lo necesario para que se pueda llegar a notar un impacto positivo en el medio ambiente, ya que la mejor manera de conseguir una movilidad limpia es alcanzando un alto porcentaje de coches eléctricos junto con el aumento del uso de energías renovables.

7.1. Emisiones de CO2 equivalente

Los gases de efecto invernadero son la consecuencia del cambio climático en nuestro planeta. En general estos gases no son tóxicos ni perjudiciales para los humanos, pero cuando están en la atmósfera retienen parte de la irradiación infrarroja emitida de la Tierra tras ser irradiada por el Sol. Al absorber esta energía hace que con el tiempo la temperatura acabe subiendo: la temperatura media planetaria ha subido 1,1 °C desde principios del siglo XX. Hay diversos gases que contribuyen a este efecto, como lo son el metano, el CO₂, óxido nitroso, gases fluorados o el ozono. Por tanto, la emisión de estos tipos de gases nos conduce al calentamiento global, con las consecuencias que eso conlleva como lo son el aumento del nivel del mar, desaparición de especies, cambios del clima y de los ecosistemas, derretimiento de los glaciares, olas de calor...

¿Cómo se miden las emisiones?

El tipo de gas que más importancia tiene en el efecto invernadero es el CO₂ por su gran abundancia. Pero no todos tienen el mismo potencial de calentamiento ya que, por ejemplo, el óxido de nitrógeno tiene un efecto aproximadamente 80 veces superior al del dióxido de carbono. Por esta razón es por la que **se toma el CO₂ como el gas referencia** para calcular el efecto que tienen el resto de las emisiones en la cantidad de emisiones totales. De este modo, el dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) es la medida general utilizada para cuantificar, en términos de CO₂, el equivalente de los gases de efecto invernadero con respecto a su potencial de calentamiento global, pudiéndose calcular así la huella de carbono. De esta manera, se usa una medida más intuitiva para saber el impacto que genera cada tipo de gas y cada actividad.

Como se observa en la imagen inferior, el gas más emitido se corresponde con el CO₂, el principal responsable del cambio climático ocupando un 81%:



ILUSTRACIÓN 11. EMISIONES ATMOSFÉRICAS MUNDIALES EN 2017. FUENTE: INTERFAZ DE DATOS DE MNUCC, EUROPARL.EU

Para hablar de la huella de carbono, hay que distinguir dos tipos:

1. Huella de carbono de una organización. Mide la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto provenientes del desarrollo de la actividad de dicha organización.
2. Huella de carbono de producto: Mide los GEI emitidos durante todo el ciclo de vida de un producto: desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesado y fabricación y distribución, hasta la etapa de uso y final de la vida útil (depósito, reutilización o reciclado).

Este proyecto se centrará en la huella de carbono de un producto (los vehículos), la cual permite además sumar las contribuciones a la contaminación de las acciones individuales de cada persona en el día a día.

Para calcular las emisiones que produce un coche hay que contar con tres tipos de alcances:

- Alcance 1: Emisiones directas como consecuencia de la actividad. Para el caso del transporte se refiere a las que provienen directamente de la combustión. Se trata de las emisiones netas.
- Alcance 2: Emisiones indirectas asociadas con la generación de electricidad. Este caso incluye a los coches eléctricos, los cuales tienen 0 emisiones directas, pero hay que atribuirles las emisiones provenientes de la generación de la electricidad.
- Alcance 3: Otras emisiones indirectas, como lo pueden ser las producidas durante la fabricación del coche, el transporte del coche al concesionario... Si se suma este alcance a las emisiones netas se obtiene las emisiones brutas del vehículo.

Cálculo de las emisiones

Para realizar el cálculo de las emisiones de un medio de transporte cualquiera se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Huella de Carbono} = \text{Dato Actividad} * \text{Factor Emisión}$$

$$\text{Emisiones} = \text{Combustible} * \text{FE}$$

Dato Actividad. Parámetro que define el nivel de la actividad generadora de las emisiones de gases de efecto invernadero. El Dato de actividad o Combustible consumido, que afecta a su vez a el Factor de Emisión se obtiene a partir de:

- a) El tipo de combustible y la cantidad consumida
- b) El modelo de coche, tipo de combustible y Km recorridos. Esta opción es válida únicamente si el modelo del vehículo objeto de estudio se encuentra en la base de datos del IDAE

El factor de emisión (FE). Supone la cantidad de GEI (gases de efecto invernadero) emitidos por cada unidad del parámetro “dato de actividad”. Estos factores varían en función de la actividad que se trate. Por ejemplo, con relación a la actividad de consumo de gas natural para la calefacción, el factor de emisión para 2017 sería 0,202 kg CO₂eq/kWh de gas natural. Como resultado de esta fórmula obtendremos una cantidad (g, kg, t, etc.) determinada de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq).

Los factores de emisión se pueden obtener de varias maneras:

- a) El tipo de combustible y la cantidad consumida. Los FE vienen recogidos en tablas, los cuales varían en función del año, de cada tipo de combustible, del tipo de vehículo y del tipo de gas. Consultar [anexo](#). Estos datos provienen del Inventario Nacional de Emisiones de España y las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de 2006.
- b) El modelo de coche, tipo de combustible y Km recorridos. Los datos pueden ser introducidos en la aplicación de la web del IDAE para obtener el FE.
<https://coches.idae.es/base-datos/marca-y-modelo>

Para los coches eléctricos

Calcular las emisiones de los coches eléctricos se vuelve algo más complicado ya que no usan combustible si no la energía almacenada en las baterías. Como toman energía de la red, el **dato de actividad** será el consumo de electricidad que se realiza durante las recargas, reflejado en kWh en la factura eléctrica al final de cada mes o año.

En este caso, el **factor de emisión** está asociado a la comercializadora que se encarga del suministro eléctrico. Por este motivo, resulta algo más complicado obtener el FE para coches eléctricos individuales ya que las comercializadoras cambian en los puntos de recarga. Por ejemplo, si tienes una infraestructura en casa se aplicará el FE correspondiente al de la comercializadora con la que tengas el contrato (Iberdrola o Endesa tiende ser lo más frecuente) pero si se carga en otro punto distinto como lo puede ser un aparcamiento de un centro comercial, o una estación de recarga de un área de servicio de carretera el FE asociado a ese consumo cambiará si la comercializadora es distinta.

Para el caso en el que la energía provenga de diferentes comercializadoras, se puede optar por separar los kWh consumidos de cada comercializadora y usar el factor correspondiente para cada cantidad, o bien emplear el factor de emisión correspondiente al valor medio de los factores de los mix de energía de las empresas comercializadoras sin GdO.

Los valores de los Factores de emisión se recogen en el documento “Mix Comercial y Factores de Impacto Medio Ambiental” que se puede encontrar en la web de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC). En el anexo se resumen los FE de las comercializadoras españolas en el 2021 que cumplen con el GdO (Garantía de Origen), lo que asegura que un número determinado de megavatios-hora han sido producidos por a partir de fuentes de energía renovables. Un FE nulo significa que la energía obtenida ha sido obtenida al

100% a partir de fuentes de energía renovables. Del mismo modo, cuanto más bajo sea el factor, mayor será el porcentaje de energía limpia.

Evolución y distribución de las emisiones

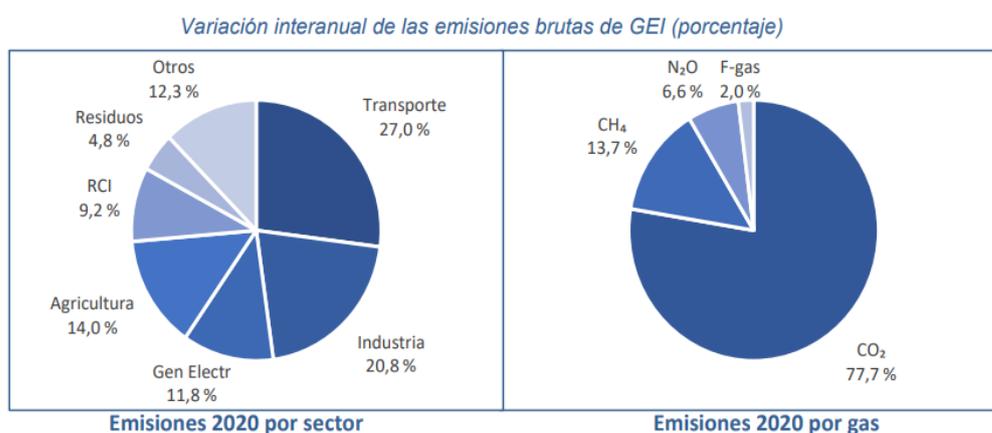


ILUSTRACIÓN 12. DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES EN ESPAÑA

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020
Emisiones GEI (kt CO₂-eq)	290.104	330.045	388.091	442.321	358.157	337.416	338.845	333.251	313.828	274.743
Variación respecto a 1990		+13,8 %	+33,8 %	+52,5 %	+23,5 %	+16,3 %	+16,8 %	+14,9 %	+8,2 %	-5,3 %
Variación respecto a 2005					-19,0 %	-23,7 %	-23,4 %	-24,7 %	-29,0 %	-37,9 %

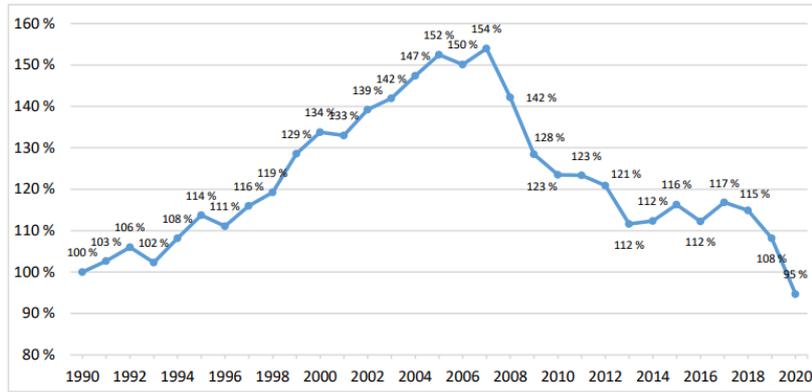
TABLA 2. EMISIONES TOTALES BRUTAS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

FUENTE (Ilust.12, Tabla 2): https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/resumen_inventario_gei-ed_2022_tcm30-534394.pdf

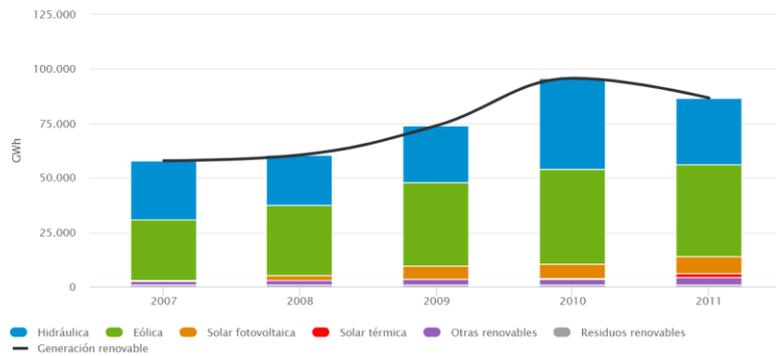
Tal y como se aprecia en los gráficos anteriores, la distribución de los tipos de gases de efecto invernadero que afectan al cambio climático en España es muy similar a la de las emisiones mundiales, siendo el CO₂ el que más contribuye al problema ocupando casi el 80% en el año 2022. El continuo crecimiento y un desinterés general por parte de la población, industria y gobiernos ha resultado en una línea de emisiones ascendente a lo largo del tiempo hasta alcanzar su pico en 2007. A partir de dicho año se ha conseguido ir reduciendo el número contaminantes expulsados a la atmósfera, aunque no lo suficiente. Este descenso viene impulsado por el mayor uso de fuentes de energía limpias, como la hidráulica, eólica o solar,

sustituyendo la producción a partir de la quema de carbón y del gas natural en los ciclos combinados y centrales térmicas. Fue en la primera década del siglo XXI cuando se introdujeron los cambios más importantes gracias a las inversiones y avances de las tecnologías renovables, aunque éstas se vieron frenadas por los gobiernos en los siguientes años debido a los intereses políticos y económicos: en el primer gráfico de la ilustración 13 se puede ver una pronunciada pendiente justo después del 2007, la cual se atenúa al llegar al 2010.

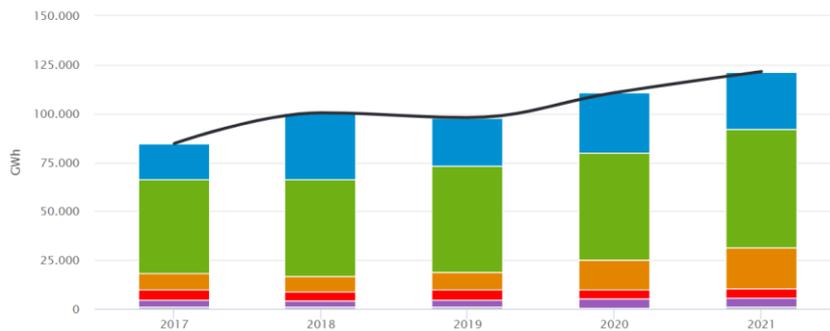
Dichos datos se pueden comprobar en la página web de REE, de la cual se obtienen los siguientes gráficos, coincidiendo los aumentos de las energías renovables con las reducciones de las emisiones a lo largo de los últimos años.



Del 2007 al 2011



Del 2017 al 2021



Del 2012 al 2016

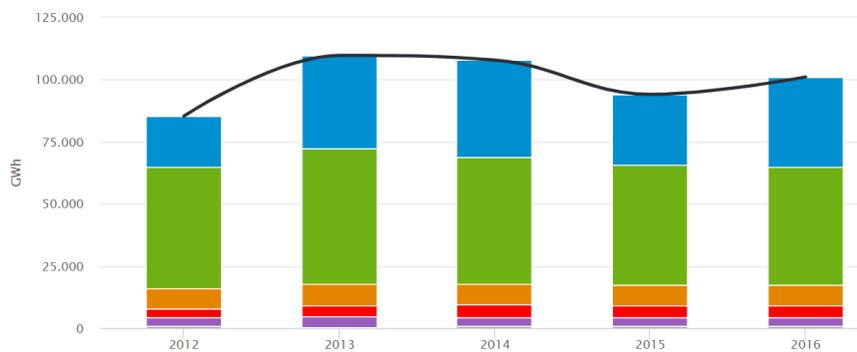


ILUSTRACIÓN 13. EVOLUCIÓN DEL CO2 EQUIVALENTE EN ESPAÑA VS EVOLUCIÓN DE LAS FUENTES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. FUENTE: RED ELÉCTRICA. [HTTPS://WWW.REE.ES/ES/DATOS/GENERACION/ESTRUCTURA-RENOVABLES](https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-renovables)

En la actualidad el transporte representa aproximadamente una cuarta parte de las emisiones de CO₂ de la UE, siendo los coches el principal contaminante con un 60,6% del total de las emisiones del transporte en carretera de Europa, lo que significa que si se consiguen eliminar los coches de combustión se podría reducir las emisiones globales de CO₂ en Europa alrededor de un 11%.

En el gráfico de la ilustración 14 podemos observar cómo en España la evolución de las emisiones sigue un ritmo similar al de Europa, ascendiendo de manera continua a excepción del periodo entre 2005 y 2012. También se debe tener en cuenta que, pese a que las emisiones totales de CO₂eq han ido disminuyendo los últimos años, el sector del transporte ha sido el único que ha continuado creciendo, y el único que se mantiene por encima de los niveles de 1990. Esto significa que, si no se toman medidas para revertir la situación, dentro de muy poco tiempo se va a tener una movilidad insostenible pues la población y las ciudades no para de crecer, aumentando sin límites la contaminación.

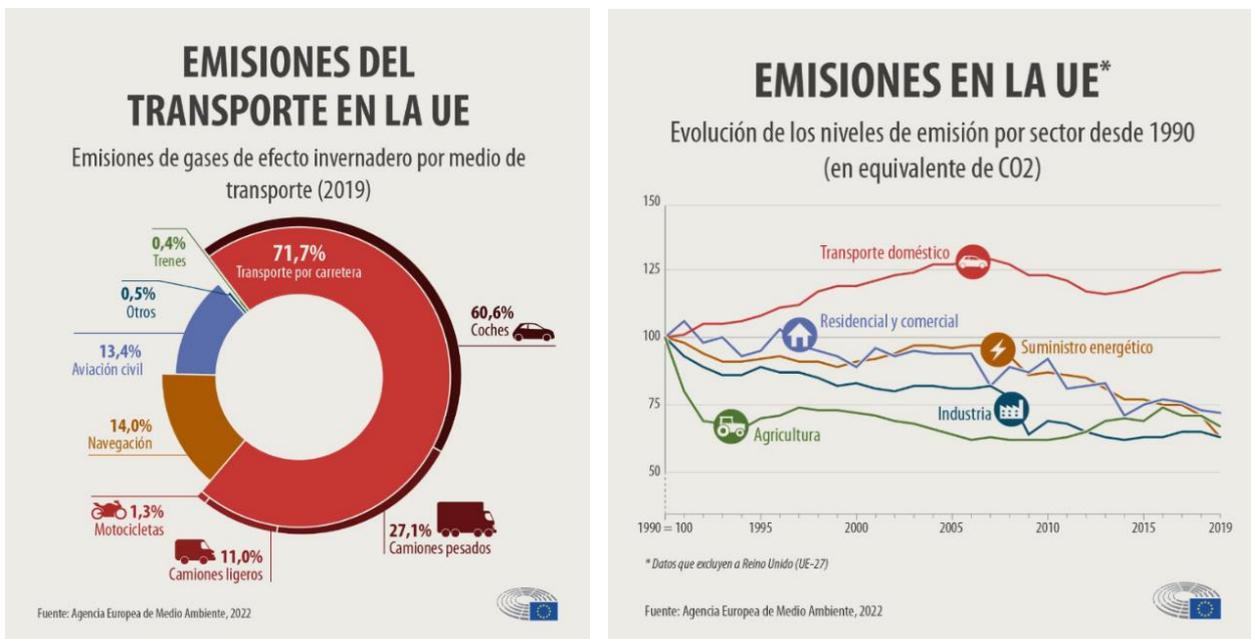


ILUSTRACIÓN 14. DISTRIBUCIÓN DE LAS EMISIONES EN LA UNIÓN EUROPEA EN 2019. FUENTE: [HTTPS://WWW.EUROPARL.EUROPA.EU/NEWS/ES/HEADLINES/SOCIETY/20190313STO31218/EMISIONES-DE-CO2-DE-LOS-COCHES-HECHOS-Y-CIFRAS-INFOGRAFIA](https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20190313STO31218/emisiones-de-co2-de-los-coches-hechos-y-cifras-infografia)



ILUSTRACIÓN 15. EMISIONES DE TURISMOS Y FURGONETAS. FUENTE: [HTTPS://WWW.CONSILIUM.EUROPA.EU/ES/INFOGRAPHICS/FIT-FOR-55-EMISSIONS-CARS-AND-VANS/](https://www.consilium.europa.eu/es/infographics/fit-for-55-emissions-cars-and-vans/)

8. OBJETIVO 55: PROHIBICIÓN DE VEHÍCULOS DIÉSEL Y GASOLINA

8.1 Objetivos y medidas para la huella de carbono

La CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) es la rama de la ONU que se encarga de liderar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático. Se estableció en 1992, y de ella surgen el protocolo de Kioto en 1997 y el acuerdo de París en 2015. El objetivo que nace de estos acuerdos es estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que evite el riesgo en los ecosistemas en un plazo que los permita adaptarse de forma natural y posibilite el desarrollo sostenible.

Actualmente la UE es el tercer mayor emisor de CO₂, por detrás de China y Estados Unidos. Por tanto, en función de las directrices y compromisos tomados a nivel mundial, la Legislación Europea ha creado un **mandato de obligación jurídica** para reducir las emisiones de la UE, estableciéndose un paquete de medidas que afectará a todos los sectores que incrementen la huella de carbono bajo el lema de “quien contamina paga”. Es decir, que las industrias que contribuyan a la contaminación deberán de pagar sanciones económicas. Este tipo de medidas son en función de cada sector, afectando al ámbito energético, al transporte, el uso de la tierra y la agricultura, ...

El llamado **Objetivo 55** por el que se crean las nuevas medidas de la Unión Europea dice así:

“La Legislación Europea sobre el Clima hace de la consecución del objetivo climático de la UE de **reducir las emisiones de la UE en al menos un 55 % respecto a los niveles de 1990** de aquí a 2030 una obligación jurídica. Los países de la UE están trabajando en una nueva legislación para alcanzar este objetivo y lograr que la UE sea climáticamente neutra de aquí a 2050”.

Entre las medidas adoptadas para reducir las emisiones del transporte por carretera destacan:

- Un nuevo sistema de comercio de emisiones (ETS) para el transporte por carretera y los edificios. Este sistema se basa en la adquisición por parte de las entidades de un permiso por emisión de cada tonelada de CO₂ equivalente. Dichos permisos podrán ser comprados únicamente en subastas y será una manera de obligar a las empresas a frenar la cantidad de gases expulsados.
- El aumento de la cuota de combustibles renovables en el transporte.
- La eliminación de las ventajas fiscales para los combustibles fósiles.
- Una revisión de la legislación sobre infraestructuras de combustibles alternativos para ampliar su capacidad.
- Nuevos límites para los niveles de emisión de turismos y furgonetas nuevas.

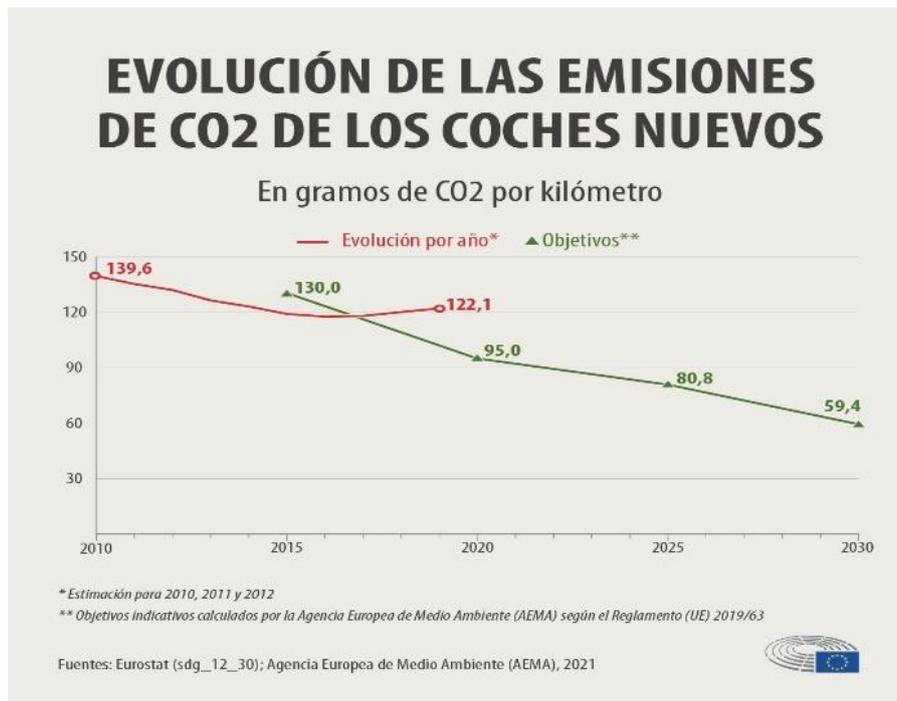
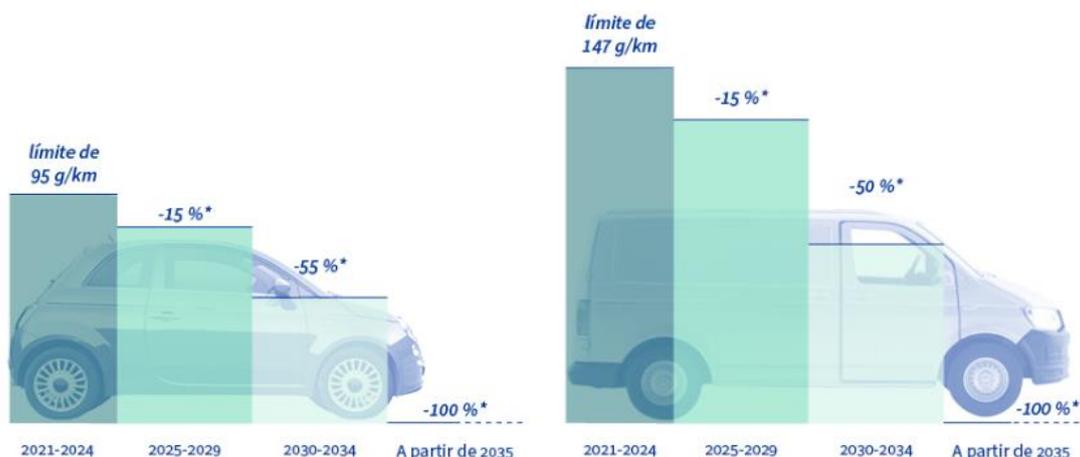


ILUSTRACIÓN 16. EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE LOS COCHES NUEVOS EN EUROPA. FUENTE:
[HTTPS://WWW.EUROPARL.EUROPA.EU/NEWS/ES/HEADLINES/SOCIETY/20190313STO31218/EMISIONES-DE-CO2-DE-LOS-COCHES-HECHOS-Y-CIFRAS-INFOGRAFIA](https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20190313sto31218/emisiones-de-co2-de-los-coches-hechos-y-cifras-infografia)

La ilustración 16 muestra como en el periodo de 2010 a 2015, Europa estuvo por debajo de los objetivos en cuanto a la media de emisiones de los coches, pero la normativa se endurece año tras año, y a partir de 2017 se ha dejado de cumplir las expectativas.

La única manera actual limpia de obtener energía es mediante la explotación de los recursos renovables con instalaciones de aerogeneradores, turbinas, placas solares.... Gracias a ello se puede reducir la huella de carbono y la emisión de gases nocivos disminuyendo el consumo de combustibles fósiles en las plantas de generación de energía. Y aquí es donde adquieren importancia los coches eléctricos, ya que permiten introducir el efecto de las energías renovables. Al cargarse los coches en la red eléctrica, si se continúa con el avance de las energías limpias y aumentando la generación de este tipo, se sustituiría la generación de electricidad producida a partir de la quema de combustibles y se conseguiría una movilidad mucho más sostenible sin ningún tipo de emisiones.

Debido al poco compromiso con el objetivo 55 y con el propósito de la UE de ser climáticamente neutra a partir de 2050 la medida más drástica en el sector del transporte ha sido la **prohibición de la fabricación de coches con motor de combustión** a partir del año 2035. Por lo tanto, se podrán seguir usando los coches ya existentes, pero no se podrán comprar más. Únicamente se fabricarán los coches que tengan la etiqueta de 0 emisiones. Esta medida estará acompañada por la creación de una infraestructura, con la meta de equipar las carretas principales con estaciones de recarga cada 60km.



* en comparación con los objetivos de 2021

ILUSTRACIÓN 17. OBJETIVOS DE LAS EMISIONES DE NUEVOS TURISMOS Y FURGONETAS. FUENTE: [HTTPS://WWW.CONSILIUM.EUROPA.EU/ES/INFOGRAPHICS/FIT-FOR-55-EMISSIONS-CARS-AND-VANS/](https://www.consilium.europa.eu/es/infographics/fit-for-55-emissions-cars-and-vans/)

FUENTES EMISORAS DE GEI Y SUMIDEROS	NOx	COVNM	SO2	NH ₃	PM _{2,5}
	kilotoneladas				
Total emisiones	692,5	563,1	126,7	483,3	122,9
1. Procesado de la energía	560,1	115,4	111,3	11,0	65,8
A. Actividades de combustión	556,1	95,8	89,9	11,0	65,7
1. Industrias del sector energético	71,6	10,1	15,8	1,6	3,4
2. Industrias manufactureras y de la construcción	97,3	22,5	43,1	1,9	9,5
3. Transporte	280,8	22,9	12,1	2,3	14,6
4. Residencial y otros	103,0	40,3	18,7	5,2	38,1
5. Otros sectores	3,4	0,1	0,2	0,0	0,1
B. Emisiones fugitivas de combustibles	3,9	19,6	21,5	0,0	0,1
1. Combustibles sólidos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2. Petróleo y gas natural	3,9	19,6	21,5	0,0	0,1

TABLA 3. EMISIONES DE CONTAMINANTES DEL AÑO 2020 EN ESPAÑA. FUENTE: [HTTPS://WWW.MITECO.GOB.ES/ES/CALIDAD-Y-EVALUACION-AMBIENTAL/TEMAS/SISTEMA-ESPANOL-DE-INVENTARIO-SEI-/RESUMEN_INVENTARIO_CONTAMINANTES-ED_2022_TCM30-534395.PDF](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/resumen_inventario_contaminantes-ed_2022_tcm30-534395.pdf)

La tabla anterior, recogida del Inventario Nacional De Emisiones a la Atmósfera elaborado por el gobierno, muestra que el transporte genera mucha mayor contaminación que la generación de la por parte de las energéticas. Aunque estos valores recogen datos de todo el transporte, la contribución de los coches sigue siendo la más abundante. Pero la sustitución de estos coches en favor de los eléctricos forzarán una subida en la demanda de la electricidad, por lo que las industrias del sector energético se verán obligadas a aumentar su producción, reduciéndose así la contaminación de los coches aunque incrementando las de la generación. Aun así, sigue siendo un cambio favorable ya que el uso del carbón y otros combustibles sigue descendiendo en favor de las renovables que tienen emisiones nulas.

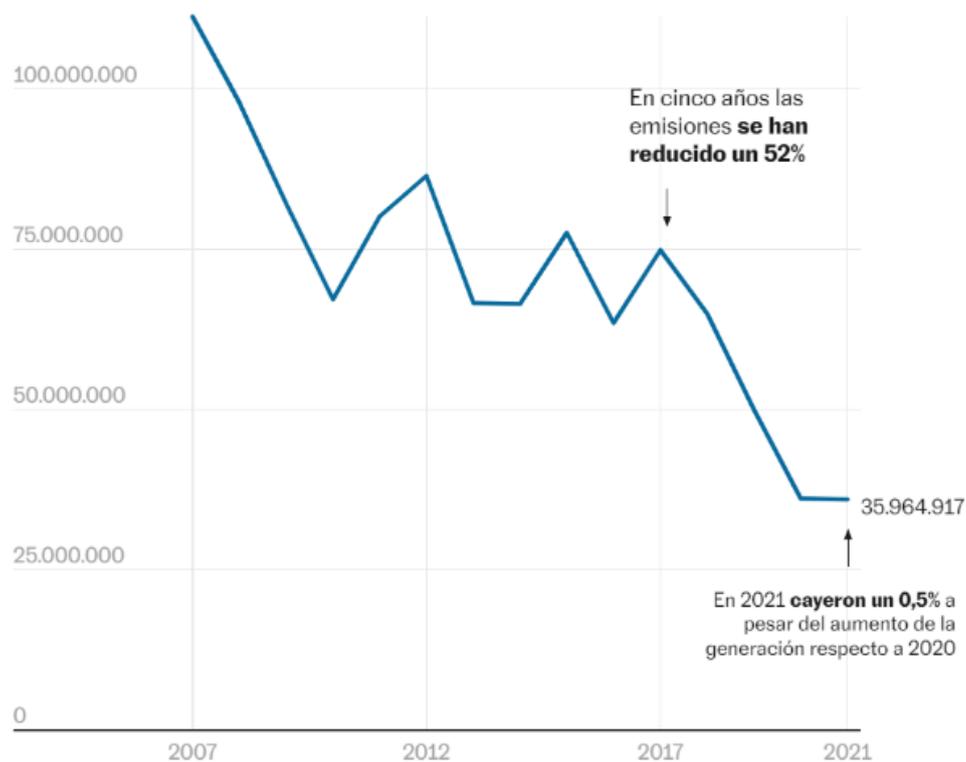


ILUSTRACIÓN 18. EMISIONES DE CO₂ DEL SISTEMA ELÉCTRICO. FUENTE: [HTTPS://ELPAIS.COM/ECONOMIA/2022-01-06/EL-SISTEMA-ELECTRICO-ESPANOL-MARCA-EN-2021-UN-NUEVO-MINIMO-HISTORICO-DE-EMISIONES.HTML](https://elpais.com/economia/2022-01-06/el-sistema-electrico-espanol-marca-en-2021-un-nuevo-minimo-historico-de-emisiones.html)

Por ello, la sustitución progresiva de los vehículos con motores de combustión en favor de los motores eléctricos es fundamental para frenar la contaminación y la emisión de gases de efecto invernadero y cumplir con el objetivo 55 de la Unión Europea.

8.2 Legislación y directrices vigentes en España

Para cumplir con la nueva normativa de la UE, el Gobierno de España ha creado el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC 2021-2030). Los objetivos planteados a corto plazo en el PNIEC 2021-2030 para la necesaria transición energética consiguiendo una economía prácticamente descarbonizada en 2050 son:

- Reducción de emisiones del 21% respecto de los niveles de 1990
- Cuota de renovables del 42% sobre la energía final
- Mejora de la eficiencia energética del 39,6%

Para el cumplimiento de dichos objetivos se crean diferentes leyes, directrices y objetivos como el Real Decreto-ley 29/2021, de 21 de diciembre, por el que se “adoptan medidas urgentes en el ámbito energético para el fomento de la movilidad eléctrica, el autoconsumo y el despliegue de energías renovables”. En relación con la movilidad eléctrica, se actúa sobre uno de los aspectos más críticos para su despliegue: el desarrollo de la infraestructura de recarga pública, en particular aquella de alta capacidad, que evite la preocupación por la autonomía y la previa planificación de los viajes en base a los puntos de recarga, que aleja a muchos compradores de la decisión de adquirir y usar los vehículos eléctricos en desplazamientos interurbanos de larga distancia.

Cabe igualmente destacar la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética:

el artículo 14 de dicha Ley obliga a las administraciones, dentro de sus respectivas competencias, a adoptar medidas para alcanzar en el año 2050 una movilidad con turismos y vehículos comerciales ligeros sin emisiones directas de CO₂. A estos efectos, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima fijaría para el año 2030 objetivos de penetración de vehículos matriculados con nulas o bajas emisiones directas de CO₂, según sus diferentes categorías.

Dicho artículo es claramente importante en la medida que establece un **marco legislativo que de alguna manera obliga a que las comunidades autónomas tomen las medidas necesarias para cumplir los objetivos y directrices de la UE.**

Del mismo modo, el apartado 2 del artículo 15 establece “la obligación de que los titulares de las instalaciones de suministro de combustibles y carburantes a vehículos cuyo volumen anual agregado de ventas de gasolina y gasóleo A en 2019 sea superior o igual a 10 millones de litros de instalar, al menos una infraestructura de recarga eléctrica de potencia igual o superior a 150 kW en corriente continua, que deberá prestar servicio en un plazo de veintiuno meses desde la entrada en vigor de la ley”, que igualmente establece un **marco legislativo en relación a la disponibilidad de puntos de recarga.**

9. ZONAS DE BAJAS EMISIONES Y AYUDAS DEL GOBIERNO

En línea con las normativas europeas sobre la contaminación en las localidades, ciudades masificadas como lo son Madrid o Barcelona se han visto obligadas a incluir en el mapa Zonas de Bajas Emisiones donde el acceso de los vehículos está restringido con el fin de reducir las emisiones en zonas concretas. En dichas ZBE solo pueden entrar vehículos con una etiqueta determinada, y mientras que los que superen determinados niveles de emisiones deberán pagar para entrar.

El hecho de que no haya ninguna regulación en Europa sobre este tipo de medida, ha dado lugar a zonas con diferentes normas y sanciones dependiendo de la ciudad o el país. Por ejemplo, hay casos en los que solo los camiones o autobuses están restringidos, zonas donde solo los vehículos de 0 emisiones pueden entrar... En cualquier caso, se trata de una prohibición cada vez más popular en Europa, donde ciudades como Madrid, Londres, París, Oslo o Milán entre otras ya están aplicando dichas restricciones.

En España la primera ciudad en aplicar una ZBE ha sido Madrid. La ZBE o también llamada Madrid 360 (antigua Madrid Central) solo deja circular libremente y aparcar en superficie sin límite de tiempo a los vehículos de 0 emisiones, además de a los vehículos de residentes, mientras que los vehículos diésel y gasolina con etiqueta B y C solo pueden entrar para estacionar en aparcamientos públicos y privados. Cuentan con ventaja también los coches con etiqueta ECO (híbridos, o de gas) ya que también pueden entrar y aparcar pero con un máximo de 2 horas. Las zonas afectadas por esta restricción son el centro de Madrid y Plaza Elíptica. De la misma forma, en 2022 quedó prohibido el acceso y circulación a los vehículos de etiqueta A (vehículos diésel matriculados antes del año 2006 o gasolina matriculados antes del 2000) por las vías públicas urbanas del interior de la M-30, por lo que si alguien con ese tipo de coche

desea conducir habitualmente por estas áreas se habrá de plantear cambiar de coche a uno de etiqueta C como mínimo.

Al igual que ha ocurrido en Madrid, esta medida se extenderá al resto del país ya que la Ley de Cambio Climático y Transición Energética aprobada en 2021 por el Gobierno obliga a todos los municipios españoles de más de 50.000 habitantes a tener áreas de circulación restringida para los vehículos contaminantes. Por tanto, a partir de 2023, en muchas ciudades españolas los vehículos eléctricos pasarán a ser prioritarios frente a los de combustión, impulsando la utilización y la compra de estos vehículos.

Otra de las ventajas que tendrán los eléctricos es que quedarán exentos de pagar por aparcamiento tanto en zona azul como en verde, mientras que los de combustión deberán de abonar las tarifas habituales.

9.1 Plan Moves III

El hecho de poder circular libremente sobre áreas restringidas de tu propia ciudad, además (con el tráfico más fluido) y la capacidad de poder aparcar sin límites horarios y de manera gratuita son aspectos a tener en cuenta para la decisión del cambio de movilidad. Esto supondrá una mayor comodidad a la hora de coger el coche así como un significativo ahorro de dinero si la necesidad de aparcar el coche es habitual. Sin embargo estas no son las únicas ayudas que se podrán recibir por la adquisición de un vehículo eléctrico. El gobierno ha elaborado el plan MOVES III con el objetivo de facilitar y abaratar la compra de estos coches.

El plan Moves III, elaborado por el gobierno de España, llegó en 2021 con un presupuesto de 400 millones de euros destinados a subvenciones de coches eléctricos, híbridos y de pila de combustible. Las ayudas destinadas a la compra son las siguientes:

<i>Motorización</i>	<i>Límite precio venta vehículo (€) sin IVA o IGIC</i>	<i>Ayuda (sin achatarramiento)</i>	<i>Ayuda (con achatarramiento)</i>
<i>Turismos eléctricos (BEV)</i>	45.000 € (53.000 para vehículos BEV de 8 a 9 plazas).	4.500 €	7.000 €
<i>PHEV (Autonomía entre 30 y 90 Km)</i>	45.000 €	2.500 €	5.000 €
<i>Pila combustible (FCEV)</i>	---	4.500 €	7.000 €
<i>BEV (motos)</i>	10.000	1.100 – 1.800 €	1.300 – 2.000 €

TABLA 4. SUBVENCIONES DEL PLAN MOVES III. FUENTE: IDAE

Además, a los datos de esta tabla habrá que sumarles un 10% adicional en las ayudas a los empadronados en municipios con una población inferior a los 5.000 habitantes, personas con discapacidad por movilidad reducida o uso profesional para taxi o VTC.

De la misma manera el Plan Moves III incluye subvenciones para las instalaciones de los puntos de recarga de la batería. Estas ayudas se muestran en la siguiente Tabla:

Ayudas a la infraestructura de recarga	Ayuda (%coste subvencionable)	
	Localización general	Municipios <5.000 hab.
Autónomos, particulares, Comunidades de Propietarios y administración sin actividad económica	70%	80%
Empresas y entes públicos con actividad económica, recarga acceso público y P ≥50kW	35%-55%	40%-60%
Empresas y entes públicos con actividad económica recarga acceso privado o acceso público con P <50kW	30%	40%

TABLA 5. PLAN MOVES III. AYUDAS A LA INFRAESTRUCTURA DE RECARGA. FUENTE: IDAE

Dichas ayudas estarán disponibles hasta que termine el año 2023, o bien hasta que se acabe los 400 millones de euros presupuestados.

Por lo tanto, pese a que comprar un vehículo suele ser más caro que uno de combustión, el uso de estas subvenciones puede resultar ser muy beneficioso. En el apartado [cálculos](#) se analiza con mas detalle el efecto de dichas subvenciones.

10. LA INFRAESTRUCTURA DE LA RED ELECTRICA ESPAÑOLA

10.1 Introducción

En el presente apartado se realiza un análisis de la infraestructura eléctrica en España, abordando dos aspectos fundamentales que son los que más dudas generan en los usuarios a la hora del cambio de un vehículo de combustión por uno eléctrico. Por un lado, se estudiará si la red eléctrica está preparada para soportar la actual y futura demanda de consumo de energía y, por último, si la actual y futura red de puntos de recarga será suficiente para satisfacer las necesidades de los usuarios de movilidad eléctrica para la recarga de todos los vehículos.

10.2 Visión y situación a nivel europeo

Como punto de partida, según el informe Global EV Outlook 2018 realizado por la IEA (International Energy Agency), en 2021 uno de cada cinco vehículos nuevos matriculados en Europa fue eléctrico. Actualmente los eléctricos componen únicamente el 1% del parque total de 326 millones de vehículos en Europa, aunque se espera que el número crezca hasta los 65 millones de vehículos para 2030 y 130 millones para 2035 gracias a las nuevas restricciones y normativas. Debido a la sustitución de los motores de combustión, toda la energía aprovechada de los combustibles será reemplazada por la energía eléctrica, por lo que este hecho supondrá un grandísimo aumento de la demanda en la red eléctrica.

Un informe de EURELECTRIC (Federación de la Industria Eléctrica Europea) considera tan necesario como urgente abordar primero los obstáculos que existen en la actualidad como por ejemplo la demora en la obtención de permisos, limitaciones a la financiación, disponibilidad, accesos a inmuebles y otras restricciones, que son los que están lastrando la rápida evolución. De la misma manera, el mismo estudio confirma que la infraestructura eléctrica actual puede soportar la transición a una movilidad eléctrica, pero sería necesario adelantarse y planificar bien la estrategia ya que con una cuota de mercado superior al 50% en vehículos eléctricos la red de distribución urbana podría sufrir ante una carga de tal magnitud, provocando desviaciones en la tensión e incluso llegar a reducir la calidad del suministro eléctrico.

También determina que, para que la transición a la movilidad eléctrica se realice sin problemas para los conductores, serán necesarios más de 65 millones de cargadores para el año 2035 siendo al menos nueve millones puntos de recarga pública. Dichas cifras están muy lejos de las actuales donde en Europa se dispone solo de 360.000 puntos, habiendo además grandes diferencias entre los diferentes países. El cálculo estima que un 85% de los cargadores serán residenciales, un 6% en el lugar de trabajo, un 4% públicos y un 5% en destino. (Ver punto 10.4 para mayor detalle).

Por tanto, la inversión por parte de las autoridades se presenta como un aspecto esencial para que el plan de descarbonización del transporte cumpla con los objetivos: EURELECTRIC estima que la inversión total debe ser de 115.000 millones de euros entre 2022 y 2035. Solo en España se prevé invertir un total de 7.000 millones en mejorar la red eléctrica, donde la mayor partida de gasto vendrá determinada por la mejora en las redes de transporte. Además de eso se destinarán determinadas cantidades a mejorar la conectividad con países transfronterizos y la ampliación de líneas adicionales.

A modo de ejemplo, resulta interesante destacar el trabajo realizado por los gobiernos noruego y holandés. Este último, pionero en movilidad eléctrica, está muy focalizado en ser el primer país del mundo en disponer de carreteras “libres de humos” y ambos pretenden acelerar la introducción del vehículo eléctrico a través de la prohibición de la venta de vehículos de combustión a partir de 2030, como manda la normativa europea. A su vez, en ambos países se ha desarrollado el mayor despliegue de puntos de recarga de Europa, con notable diferencia con respecto al resto de los países, tal y como se indica con mayor detalle en el punto 10.7. Además, estos gobiernos están promoviendo la transición mediante

subvenciones, exenciones fiscales y otros incentivos para que la población tenga mayor predisposición a la transición a una movilidad eléctrica. Estas medidas ya están siendo adoptadas en otros países, aunque en menor proporción. Las ayudas y ventajas por la adquisición de coches eléctricos en España se han especificado el apartado 9.1.

10.3 El Sistema Eléctrico en España

Como ya se ha visto, el desarrollo de la infraestructura de la red eléctrica es fundamental para soportar la correspondiente infraestructura de recarga, que será necesaria para la inserción a gran escala del vehículo eléctrico. Según el estudio realizado en enero de 2021 por la consultora Everis sobre el despliegue de la infraestructura de carga del vehículo eléctrico en España, actualmente no existe en nuestro país una red de infraestructura con la dimensión y la profundidad necesaria que pueda permitir la adopción de la movilidad eléctrica de manera masiva, hecho que comenzará a partir de 2030 con la prohibición de los coches de combustión. Tal y como se comenta en el punto anterior, con el fin de poder apoyar los objetivos de la UE, en España se tiene previsto invertir un total de 7.000 millones de euros en introducir las mejoras necesarias en la red eléctrica, para que sean suficientes para sustentar la transición a la movilidad eléctrica. Este plan incorpora acciones entre los años 2021 y 2026, donde el mayor esfuerzo económico se destinará a las redes de transporte.

En el 2021 la demanda de energía eléctrica en España creció tras dos años consecutivos de descenso, con un incremento del 2,6 % respecto al año anterior, alcanzando un total de 256.482 GWh demandados, condicionada en cualquier caso por la prolongación de la crisis COVID-19 que ha hecho que no se recuperen los valores anteriores a la pandemia. Pero la previsión de demanda con el progresivo incremento de los vehículos eléctricos junto a la recuperación de la normalidad tras la pandemia es que continúe subiendo a un ritmo mucho mayor durante los próximos años.

Por otra parte, la capacidad instalada del parque generador en España se ha incrementado un 2,1 %, finalizando el año 2021 con 113.156 MW, y el precio medio final de la energía en el mercado eléctrico fue de 118,65 €/MWh, casi el triple que el del año pasado y el más alto de la historia.

Para analizar la viabilidad de la actual red eléctrica española, hay que tener en cuenta en primer lugar los datos de consumo reales de la demanda de energía eléctrica en España (256.482 GWh demandados). Por otro lado, según se publica en la página web de la propia la Red Eléctrica Española, el consumo medio por cada millón de vehículos eléctricos sería de 2.100 GWh, representando tan sólo el 1% de la demanda total de energía.

¿Cuál es el impacto sobre la demanda del sistema?

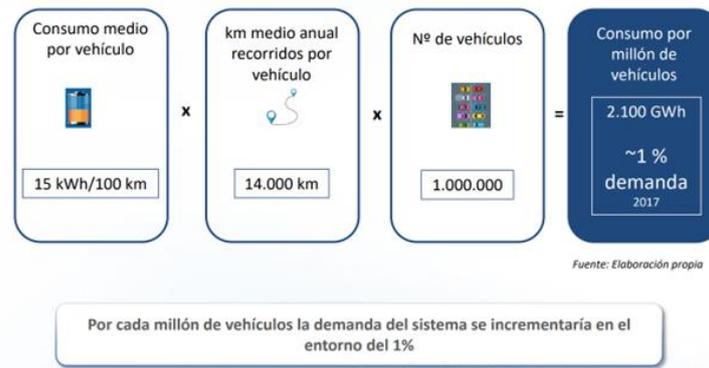


ILUSTRACIÓN 19. IMPACTO DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE VE SOBRE LA DEMANDA DEL SISTEMA. FUENTE: REE.

[HTTPS://WWW.REE.ES/SITES/DEFAULT/FILES/07_SALA_PRENSA/20190114_PRESENTACION_VE.PDF](https://www.ree.es/sites/default/files/07_SALA_PRENSA/20190114_PRESENTACION_VE.PDF)

Por otra parte, el presidente de Red Eléctrica Jordi Sevilla Red Eléctrica ha transmitido que por cada millón de vehículos va a suponer un 1% de incremento en la demanda del sistema, por lo que afirma que es "totalmente asumible", además de confirmar que, desde la perspectiva de la producción y el transporte, el sistema eléctrico está preparado para la integración de los vehículos eléctricos que se espera durante la transición energética."

En otro orden de magnitud, conviene resaltar que Red Eléctrica Española ha firmado un acuerdo recientemente con la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP), que representa a los más de 8.000 ayuntamientos que hay en España, proporcionando asistencia técnica, facilitando la instalación de puntos de recarga y promover el uso de vehículos eléctricos, además de proporcionar asistencia técnica y ayudar a promover el uso del coche eléctrico y, muy importante, facilitar la instalación de puntos de recarga, en la medida de lo posible públicos.

Con el objetivo de dar más apoyo y fiabilidad a la infraestructura tanto de la red como de los puntos de recarga, desde Red Eléctrica de España han elaborado un plan para que la integración del vehículo eléctrico en el sistema se realice de manera segura y eficiente. Por ello, Red Eléctrica cuenta con el Centro de Control del Vehículo Eléctrico (CECOVEL), un proyecto pionero en España y en Europa y que se enmarca en el Centro de Control de Energías Renovables (CECRE).

El Centro de Control del Vehículo Eléctrico es un proyecto colaborativo con los principales actores de movilidad del país -IBIL, GIC y próximamente FENIE- que integra en la actualidad cerca de 1.000 puntos de recarga georreferenciados. "Con el nuevo acuerdo de colaboración y la consiguiente conexión de los puntos adicionales de recarga ya existentes en los municipios, CECOVEL se convierte en una herramienta básica para promover la movilidad eléctrica y podrá enviar consignas de actuación a los consistorios, favoreciendo una gestión más eficiente de la recarga", explican desde REE.

10.4. Puntos de recarga

Introducción

Según los datos publicados por el PNIEC (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021 – 2030), la estimación de crecimiento de vehículos eléctricos en España será de cinco millones para el año 2030, considerando no sólo los turismos, sino también motos y ciclomotores, vehículos ligeros y por supuesto el autobús eléctrico. Este último, está ganando cada vez mayor penetración en España, debido fundamentalmente a factores como la climatología y longitud de sus líneas que, entre otros, ha motivado que, en más de 10 ciudades españolas, compañías como MAN Truck & Busse y Solaris estén probando sus modelos prototipo. Así, para el año 2030, se estima que el número de puntos de recarga públicos en España deberá ser superior a 200.000 para cubrir el citado crecimiento de vehículos eléctricos.

La mayor parte de vehículos eléctricos vendidos en España son turismos: en marzo se contabilizaron 3.090 turismos eléctricos, lo que supone un 52,59% más que en 2021. Durante el primer trimestre se comercializaron 7.252 turismos eléctricos, un 110,45% más que en el año pasado. La evolución de los vehículos vendidos hace pensar que el número de coches eléctricos seguirá subiendo cada vez más en los próximos años.

Situación en España vs Comunidad Europea

Según el “Estudio sobre el despliegue de la infraestructura de carga del vehículo eléctrico en España” realizado por la consultora Everis, existe en estos momentos una escasez de puntos de recarga, motivada por la baja rentabilidad de los mismos, lo que provoca una falta de apetito a la inversión para empresas privadas. Aparentemente hay numerosos puntos de recarga que no tienen apenas clientes a lo largo del día, situación que se observa de manera continuada en las calles y sobre todo en los puntos de recarga disponibles en las grandes superficies de consumo.

Conforme se muestra en el siguiente gráfico, obtenido del informe “Red Eléctrica de España Vehículo eléctrico: cuestiones a plantear 2018”, el coste de un punto de recarga podría variar desde un mínimo de 5.000 euros para una recarga normal, de potencia requerida entre 2 y 7 KW, hasta 200.000 euros para recargas ultra rápidas con potencias de hasta 150 KW.

¿Cuánto tardaría en cargar el vehículo eléctrico? ¿Dónde podría hacerlo? ¿Cuánto cuesta la infraestructura de los puntos de recarga?

Tipo	Recarga normal 	Recarga semi-rápida 	Recarga rápida 	Recarga súper-rápida 
Potencia	2,3 - 7,4 kW	22 kW	40 - 50 kW	100 - 150 kW
Tiempo	2,6 h – 48 min <i>Recarga de un día de movilidad tipo 40 km y 6kWh</i>	16 min <i>Recarga de un día de movilidad tipo 40 km y 6kWh</i>	48-38 min <i>Recarga del 80% de una batería tipo de 40 kWh</i>	19,2 – 12,8 min <i>Recarga del 80% de una batería tipo de 40 kWh</i>
Coste del poste de recarga (k€)	0,5-1,5	2,5-15	40-80	100-200
Aplicación	Carga en garaje particular, (vivienda y lugar de trabajo). Conexión en BT	Carga en vía pública y alguna vivienda habilitada para suministrar potencia necesaria	Carga en vía pública carreteras y autopista. Conexión en BT	Carga en vía carreteras y autopista y aquellos puntos necesarios para suministrar potencia necesaria

ILUSTRACIÓN 20. COSTE ESTIMADO DE LOS PUNTOS DE RECARGA VS TIEMPO DE CARGA. FUENTE: REE
[HTTPS://WWW.REE.ES/SITES/DEFAULT/FILES/07_SALA_PRENSA/20190114_PRESENTACION_VE.PDF](https://www.ree.es/sites/default/files/07_SALA_PRENSA/20190114_PRESENTACION_VE.PDF)

Estos datos altamente significativos, donde el coste de implantación de un solo punto de recarga ultra rápida puede alcanzar 200.000 euros, y 80.000 euros para la carga rápida explican por si solos que, si bien el incremento en la compra de coches eléctricos ha aumentado considerablemente en España, estaría aún lejos de las expectativas y objetivos marcados por la CE para 2025 y 2030. En estos momentos, considerando que aproximadamente el 70% del parque móvil en España duerme en la calle, el potencial usuario de un vehículo eléctrico desestimaría tiempos de carga de su vehículo eléctrico superiores a 30-40 minutos, en aquellos casos en lo que no disponga de un cargador en su vivienda o lugar de trabajo.

Esta situación queda evidenciada por el lento avance en el desarrollo e implantación de puntos de recarga en España con respecto a la mayoría de los países de la Unión Europea, según estudios de Red Eléctrica Española, conforme se muestra en el siguiente gráfico.



ILUSTRACIÓN 21. COMPARATIVA PUNTOS PÚBLICOS DE RECARGA EN ESPAÑA VS UNIÓN EUROPEA. FUENTE REE: [HTTPS://ECODES.ORG/IMAGES/QUE-](https://ecodes.org/images/que-)

HACEMOS/01.CAMBIO_CLIMATICO/INCIDENCIA_POLITICAS/MOVILIDAD/2021_02_ESTUDIO_SOBRE_EL_.PDF

Otro indicador de interés es el **Indicador de Infraestructura de Recarga** tomado del “Barómetro de la Electromovilidad, 2º Trimestre 2022” desarrollado por la entidad ANFAC (grupo español de interés que tiene como misión fomentar el adecuado desarrollo del Sector de la Automoción), que sitúa a España en el entorno a un 14% de despliegue en puntos de recarga frente a Portugal con un 28%, o Noruega, con un 170%. Es muy significativo que, a finales de 2021, las cifras en España estaban en el entorno a un 17%, mientras que Portugal estaba al 21% y Noruega a un 140%.

Un análisis simple de los anteriores datos de número de puntos de recarga pública en España frente a los de países más desarrollados en Europa (en materia de movilidad eléctrica),

muestra uno de los principales motivos por los cuales el usuario de un turismo o moto se decante hoy en día por uno de combustión (gasolina o diésel).

Cierto es que España se ha ido desarrollando una infraestructura destinada a una movilidad eléctrica sostenible, pero está muy lejos de cumplir con las directrices, en este caso españolas, establecidas por el PNIEC (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030). En los siguientes gráficos, tomados del citado informe “Barómetro de la Electromovilidad, 2º Trimestre 2022”, se muestran en porcentaje números reales frente a los objetivos establecidos hasta el primer semestre de 2022 de venta de turismos eléctricos y establecimiento de puntos de recarga.

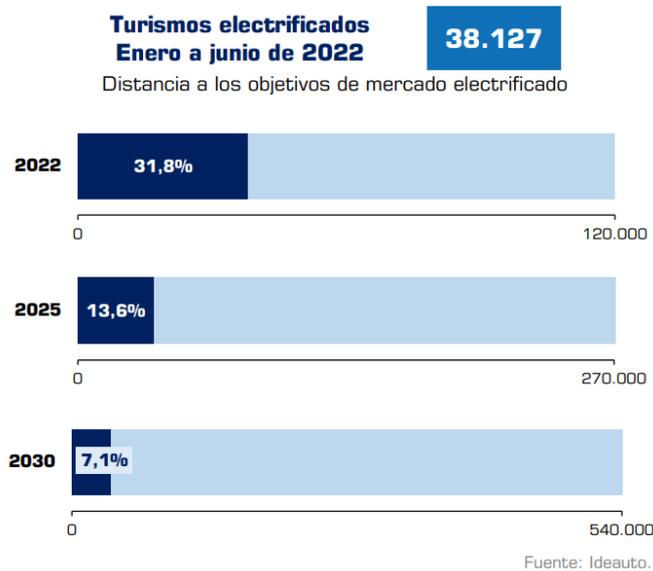


ILUSTRACIÓN 22. TURISMOS ELECTRIFICADOS VS OBJETIVOS ESTABLECIDOS (2022)

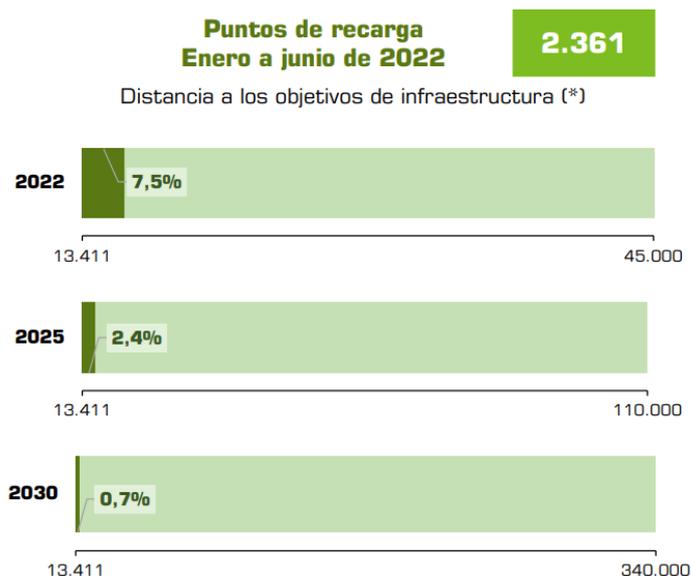


ILUSTRACIÓN 23. PUNTOS DE RECARGA VS OBJETIVOS ESTABLECIDOS (2022). FUENTE: [HTTPS://ANFAC.COM/WP-CONTENT/UPLOADS/2022/11/BAROMETRO-ELECTROMOVILIDAD-3T-2022.PDF](https://anfacs.com/wp-content/uploads/2022/11/Barometro-Electromovilidad-3T-2022.pdf)

A nivel autonómico, es interesante ver la distribución puntos de recarga a finales del primer semestre del presente año, conforme se muestra en el siguiente gráfico:

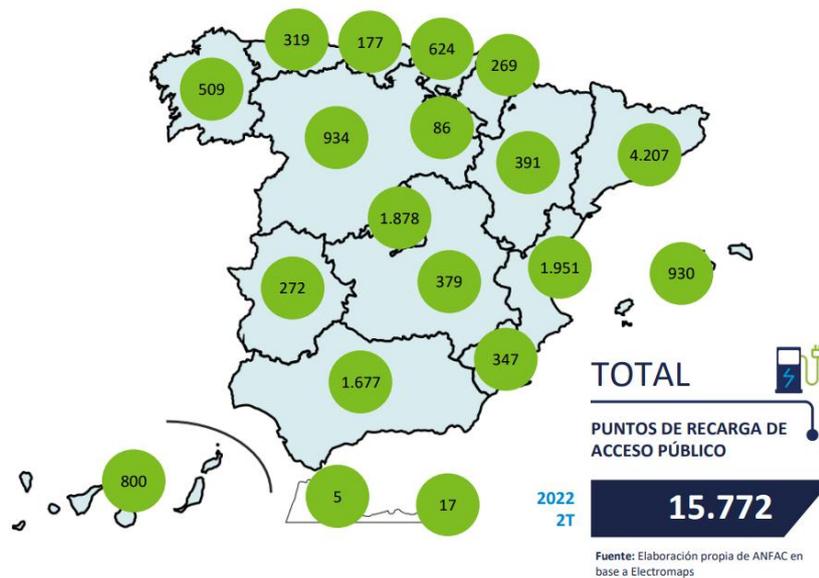


ILUSTRACIÓN 24. PUNTOS DE RECARGA POR COMUNIDADES AUTONOMICAS (2022).
[HTTPS://ANFAC.COM/WP-CONTENT/UPLOADS/2022/11/BAROMETRO-ELECTROMOVILIDAD-3T-2022.PDF](https://anfac.com/wp-content/uploads/2022/11/Barometro-Electromovilidad-3T-2022.pdf)

De estos puntos de recarga, aproximadamente el 63% de se encuentran en zonas urbanas, mientras que el 37% corresponde con zonas interurbanas (red nacional de carreteras, autovías y autopistas).

Se puede por tanto observar que los puntos de recarga para el vehículo eléctrico pasan a ser un factor determinante a la hora de transitar a una movilidad sostenible urbana y más importante la interurbana. **Mientras que la media europea se encuentra en 5.269 puntos de recarga por cada 100.000 habitantes, en España contamos tan sólo con 17.**

Conforme al “Estudio sobre el despliegue de la infraestructura de carga del vehículo eléctrico en España” citado en párrafos anteriores, una de las causas principales de la lentitud en el proceso de desarrollo de los puntos de carga en España, es la complejidad y trabas en los procesos administrativos por los que tienen que transitar todos los actores implicados (tanto del sector público como privado). Es muy significativo el número de empresas privadas con alta motivación a participar en el desarrollo de la infraestructura necesaria para la movilidad eléctrica (compañías eléctricas, bancos, inversores privados, etc..). Aparentemente, según dicho estudio, no existen procesos administrativos claros, homogéneos y conocido, y que por ejemplo difieren dentro de una misma comunidad autónoma, como es el caso de Madrid donde difieren en el centro de Madrid al de un ayuntamiento en una población rural.

Dispersión de los puntos de recarga

Aunque como se cita en el anterior apartado, la infraestructura para la recarga del vehículo eléctrico es un punto crítico para el incremento del parque de vehículos eléctricos en España no puede considerarse como el único problema para la transición de movilidad eléctrica.

España es un país donde el 70% de la población vive en grandes áreas urbanas y en el que muchas familias no disponen de un garaje privado, lo que limita posibilidad de cargar un coche eléctrico en el domicilio. Esta situación, considerando además que casi un 63% de los vehículos duermen en la calle, obligaría a que los puntos de recarga estuvieran a lo largo y ancho de las ciudades; es evidente que el despliegue de puntos de recarga necesarios no podría limitarse sólo a las zonas residenciales, garajes privados y comunitarios.

En consecuencia, en virtud del número de vehículos que realmente pueden realizar la recarga en los garajes privados, hace imprescindible encontrar otro tipo de soluciones a los usuarios que opten por comprar un vehículo eléctrico. Parkings privados, supermercados, estaciones de tren o aeropuertos, centros comerciales y estadios o polideportivos, e incluso los lugares de trabajo, se están ya convirtiendo en lugares donde se están instalando los puntos de recarga.

10.5 La tarifa de la recarga

Otro de los aspectos que el futuro consumidor de un vehículo eléctrico necesita considerar, además del ya analizado despliegue de la infraestructura de puntos de recarga, es el coste que va a tener que soportar, no tanto para cargas normales o semi rápidas, sino de las cargas rápidas o super rápidas que al necesitarse más potencia y realizarlas fuera de casa suponen un gasto mucho mayor. Hoy por hoy no sería muy fiable ni tendría mucho sentido establecer el coste de la electricidad a largo plazo en los ya comentados escenarios 2030 y 2035, pues se puede asegurar que es casi imposible hacer una predicción fiable a día de hoy, dada la situación de incertidumbre mundial con la incidencia de la guerra de Ucrania a la vez que una situación económica con una alta inflación, por no hablar de la inestabilidad política a nivel mundial. Dichos factores pueden cambiar considerablemente ya que dependen tanto de entidades públicas como privadas.

A modo de ejemplo y como guía para la toma de decisión a la hora de optar por un vehículo eléctrico, es interesante analizar los resultados ofrecidos en el informe “Estudio sobre el despliegue de la infraestructura de carga del vehículo eléctrico en España”, realizado en 2021 por la consultora Everis, por el cual se concluye que “el vehículo eléctrico es una opción rentable, tanto al nivel del consumidor como al nivel del operador del punto de recarga, en un horizonte proyectado a 2030”. Conviene sin embargo resaltar que la base de cálculo del estudio pasa por la premisa de que en 2030 existirá un parque de vehículos eléctricos lo suficientemente maduro, condicionado al desarrollo de la infraestructura de recarga. Esta hipótesis, como se ha desarrollado en puntos anteriores, no está claro que se pueda cumplir debido al lento avance que en España está teniendo la penetración del vehículo eléctrico comparado con la media europea y desde luego con los países más avanzados en esta materia. Además, el avance no despega en gran medida debido a la falta de una red de puntos de recarga suficiente como para cubrir las necesidades de la mayoría de los usuarios del vehículo de combustión.

Así, el estudio concluye que, en ciudad, donde se encuentran de forma mayoritaria los puntos de recarga lenta y semirrápida, los vehículos de gasolina son una alternativa mucho menos competitiva que los eléctricos. A pesar de que el coste de un coche de uso particular en la ciudad depende mucho del modelo del vehículo, su sistema de propulsión, y demás factores, estos son menos rentables en los desplazamientos por las ciudades, dado que su consumo es mayor y el precio del carburante es más elevado, en comparación con unas tarifas calculadas para el vehículo eléctrico en 2030.

Parece así muy probable que el desarrollo de la infraestructura necesaria de recarga en España, la cual debería venir acompañada por un fuerte incremento del número de vehículos eléctricos que transitarán tanto en las carreteras como en las ciudades, tenderá de forma natural a reducir el coste de ésta (tanto OPEX en fase de operación como el CAPEX en fase de construcción). Sólo en este caso sería posible eliminar las grandes barreras que actualmente existen a la hora de adquirir un vehículo eléctrico.

Finalmente, y a modo resumen, es importante destacar que el despliegue de infraestructura de puntos de recarga a nivel nacional necesario para poder soportar el objetivo de 5 millones de vehículos eléctricos en el parque vehicular nacional a 2030 es plausible siempre y cuando se resuelvan las trabas administrativas que, hoy en día, parecen estar lastrando la puesta en marcha de este tipo de infraestructura. Por ello, organizaciones como AEDIVE promueve un marco administrativo común que resuelva esta problemática mediante propuestas como la ventanilla única para las administraciones, la homogeneidad en las tramitaciones de permisos y licencias o las licitaciones de suelo público priorizando la calidad del proyecto y que se presentan como imprescindibles para agilizar el despliegue de infraestructura, favorecer la penetración del vehículo eléctrico y actuar como palanca empresarial. También encontramos grandes barreras adicionales, como son el importe final de los peajes por potencia, especialmente para los puntos de recarga rápidos y supe rápidos.

Expectativas de crecimiento a medio y largo plazo

Según datos recientes proporcionados por Red Eléctrica Española, el incremento previsto de puntos de carga para 2030 se sitúa en entorno a los 100.00 y cerca de 120.000 para 2035-2040



ILUSTRACIÓN 25. ESTIMACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE PUNTOS DE RECARGA.

[HTTPS://WWW.REE.ES/SITES/DEFAULT/FILES/07_SALA_PRENSA/20190114_PRESENTACION_VE.PDF](https://www.ree.es/sites/default/files/07_SALA_PRENSA/20190114_PRESENTACION_VE.PDF)

10.5 Smart Grids

Las Smart Grids (o redes inteligentes) son aquellas que pueden integrar de forma eficiente el comportamiento y las acciones de todos los usuarios conectados a ella, de tal forma que se asegure un sistema energético sostenible y eficiente, con bajas pérdidas y altos niveles de calidad y seguridad de suministro.

La red de transporte de energía en alta tensión ya disponía de inteligencia asociada a sus dispositivos desde años atrás, pero Red Eléctrica ha seguido avanzando en favor de una mayor automatización, integración y coordinación de todos los intervinientes que se encuentran conectados a ella.

Ante el reto de mantener la seguridad del suministro en un sistema eléctrico descarbonizado, Red Eléctrica impulsa iniciativas de redes inteligentes con el objeto de anticipar soluciones en el ámbito de las nuevas tecnologías de almacenamiento, las capacidades dinámicas de la red, la monitorización de los elementos de la red, el autoconsumo, el vehículo eléctrico y las nuevas opciones de los consumidores, que están ya actualmente dando forma a la red eléctrica del futuro.

Los coches, de esta manera, serían mucho más que un punto de consumo de la red. Serían una parte activa de ella que operaría como carga en algunos momentos y como generador en otras ocasiones, todo esto dentro de una acción coordinada con un objetivo muy claro: la búsqueda de sinergias entre la movilidad y la gestión de la red eléctrica en una apuesta clara por el desarrollo sostenible.

Octopus Energy Group y National Grid Electricity System Operator han demostrado con éxito la viabilidad de la tecnología vehicle-to-grid (V2G) por primera vez en el país británico. Uno de los

retos de los vehículos que se vendan en la próxima década (sino antes) será estar en constante contacto con la red. El denominado sistema V2G (vehicle-to-grid) representa un paso importante hacia la transición de una movilidad de bajas emisiones y un sistema energético inteligente. De hecho, un ejemplo real de Smart Grid se da en Inglaterra, donde los vehículos eléctricos están ya suministrando poco a poco electricidad a la red eléctrica.

Permitir que los vehículos eléctricos devuelvan energía a la red eléctrica cuando están aparcados y enchufados para cargarlos aumentará la resistencia de la red, permitirá una mejor explotación de las fuentes renovables y reducirá el coste de propiedad para los propietarios de vehículos eléctricos, lo que dará lugar a nuevas oportunidades de negocio y a claras ventajas para los usuarios de vehículos eléctricos y los consumidores de energía.

Así, recientemente Octopus Energy Group y National Grid Electricity System Operator (ESO) podrían haber conseguido con éxito la primera integración de dicha tecnología utilizando un entorno de prueba del Balancing Mechanism, la principal herramienta utilizada para equilibrar el sistema eléctrico de Gran Bretaña en tiempo real.

Uno de los elementos más destacados de este posible cambio tecnológico favorable a la movilidad eléctrica es el hecho de que la carga nocturna de los vehículos incidiría de manera positiva en la estabilidad del sistema eléctrico, reduciendo las diferencias entre los periodos punta y valle, y permitiendo en consecuencia la introducción de mayor potencia de energías renovables en los momentos de menor demanda. Por tanto, se podría afirmar que este cambio hacia la movilidad eléctrica favorece la introducción de estas tecnologías renovables de generación, que, a su vez, suponen una mejora de la eficiencia energética global del sistema eléctrico, lo que beneficiaría a la propia recarga de los vehículos.

A futuro, el aprovechamiento de las posibilidades que ofrecen las Smart Grids marcarían claramente un punto de inflexión en el suministro de electricidad, donde los consumidores podrían desempeñar un papel directo en lo que respecta al equilibrio de la red de transporte a través de sus vehículos eléctricos.

11. Caso práctico

En los apartados anteriores se ha explicado en qué consiste los vehículos eléctricos, qué ventajas tienen frente a los de combustión, qué previsiones hay de cara a las posibilidades que tienen en el futuro, la manera en la que contribuyen a frenar el cambio climático, así como leyes y medidas por parte de los gobiernos que tarde o temprano nos obligarán a la compra de un coche eléctrico.

La compra de un coche en la actualidad ya no es el mismo concepto que años atrás. Antes, se buscaba comprar un coche de acuerdo con las posibilidades económicas, las prestaciones requeridas, tamaño, modelos... Sin embargo, con la llegada de los eléctricos e híbridos donde la gama de modelos en todas las marcas de coches es cada vez mayor, la compra de un vehículo ya no se trata solo de ir a un concesionario y configurar un coche en base a nuestros gustos y necesidades. Con todas las posibilidades que ofrecen los eléctricos en materia de

ayudas, financiación, capacidad de ahorro en combustible y dinero con inversiones de placas solares o puntos de recarga domésticos... el concepto de compra de un vehículo de este tipo se convierte en una inversión a largo plazo con muchas alternativas. Así, a la hora de elegir un vehículo, es fundamental realizar un cálculo estimado del coste real que supone su uso a largo plazo, teniendo en cuenta variables como la inversión inicial, el consumo de gasolina o electricidad, el mantenimiento, seguro o impuestos.

En este apartado se pretende hacer una comparativa realista y concreta, con casos reales del mercado, y ver la viabilidad económica y ambiental para afrontar la toma de decisión de comprar un vehículo eléctrico antes de que estos se conviertan en los únicos coches disponibles en el mercado. Para ello, se escogen diferentes modelos de coches analizando los gastos fijos y variables anuales, para a continuación poder hacer una comparación de los resultados obtenidos de los vehículos de combustión frente a los eléctricos, considerando diferentes opciones de inversiones.

Los costes variables de las diferentes alternativas propuestas más adelante se han tomado de acuerdo a un caso base partiendo de la situación de un conductor de 48 años viviendo en Madrid, con garaje privado con la posibilidad de instalación de un punto de recarga doméstico y de placas solares, con carné de conducir desde hace 30 años. Los datos han sido fijados a partir de un caso general para obtener precios de seguros, instalaciones, ayudas económicas...

Los datos calculados se explican en los siguientes apartados y se recogen en las Tablas 6 y 7 en el último apartado del caso práctico.

11.1. Modelos de vehículos

Los datos han sido recogidos de los diferentes buscadores en Internet propuestos. Para los modelos de coches se ha usado www.km77.com, mientras que para el cálculo de seguros se ha utilizado www.rastreator.com, siempre bajo las características descritas en la introducción del caso práctico y buscando las opciones más rentables. En cuanto a los mantenimientos, como depende de cada conductor, marca, modelo... se ha asumido unos costes fijos siendo menores para el caso de los eléctricos, los cuales requieren mucho menos mantenimiento por la sencillez de su mecánica al prescindir de elementos como el aceite, sistema de refrigeración o la caja de cambios.

Los modelos elegidos se muestran a continuación:

Marca	Renault	Citroën	Volkswagen	Mercedes-Benz
Modelo	Twingo	ë-C4	ID.4	EQA 250
Versión	Zen R80 20KWh 2020	Feel 2021	Pro Performance 2021	2021

Para los eléctricos los modelos son:

Marca	Peugot	Citroën	Mazda	BMW
Modelo	208	C4	CX-5 2.5	230i
Versión	Like PureTech 75 S&S (2019)	2021	SKYACTIV-G 2021	Coupé 2021

Se ha procurado mantener cierta similitud entre los modelos eléctricos y de combustión para poder hacer mejores comparaciones y estimaciones. Para cada tipo se han elegido 4 coches diferentes, con gamas y prestaciones distintas. Lo primero que salta a la vista es el precio (se puede observar en la tabla del apartado [Cálculos](#)), siendo este el principal aspecto que termina por disuadir a los conductores de los eléctricos. Se observa que, para las 4 gamas, todos los vehículos de combustión tienen un precio menor aun contando con similares o incluso mejores prestaciones tanto de potencia como de autonomía.

Para los datos de consumo, se ha calculado un trayecto diario de trabajo de 30km, lo que equivale a $30 \times 2 \times 5 \times 4 = 1200 \text{ km/mes}$. Lo que, al año, aproximando con viajes largos, trayectos de ciudad... se estiman **17.000km/año**. Los **consumos** son los oficiales según la página web visitada. En la práctica suelen ser algo mayores. Sin embargo, los eléctricos en ciudad consumen muy poco gracias al freno regenerativo mientras que los de gasolina tienen sus consumos más altos en ese tipo de trayectos. Al contrario ocurre en trayectos largos de autopista, donde los de combustión tienen consumos muy bajos (sobre todo los motores diésel) y los eléctricos al no poder hacer uso del freno regenerativo con tanta frecuencia alcanzan sus registros más altos.

En cuanto al **impuesto de matriculación**, en los eléctricos están exentos mientras que los de combustión se aplican tarifas diferentes dependiendo de las emisiones por kilómetro. Si las emisiones están dentro del rango entre 121 y 159 g/km de CO₂, el impuesto es de 4,75% sobre el precio de venta. Si están entre 160 y 199 g/km de CO₂, le corresponde un 9,75%.

Respecto a la información del **impuesto de circulación**, se ha comprobado para cada coche en los siguientes enlaces (los precios varían en base al modelo de coche, pero también para cada comunidad autónoma, por lo que se ha escogido Madrid):

<https://www.foro-ciudad.com/calculo-ivtm.php>

<https://www.dieselgasolina.com/calcular-precio-impuesto-circulacion-ivtm.html>

Por último, las **ayudas del plan Moves** se han recogido de la Tabla 4, teniendo en cuenta el achatarramiento del anterior vehículo. Además, como las ayudas no son inmediatas, se ha supuesto el recibo de dichas subvenciones en el año 5 para cada coche.

11.2. Placas solares

Las placas solares permiten transformar la energía solar en energía eléctrica. Esta energía puede ser almacenada en baterías en caso de disponer de estas, o usada directamente para las demandas domésticas. De esta forma, cuando se necesite energía al conectar algún electrodoméstico, calefacción o el coche eléctrico, toda o parte de la energía (dependiendo de la generación disponible) llegará gracias a las placas solares de manera totalmente limpia y gratuita (exceptuando la inversión de la instalación). Además, si en algún momento se genera más energía de la que se consume y no se almacena en baterías, dicha energía sobrante se devuelve a la red con la correspondiente compensación económica.

Obviamente la capacidad de las placas viene sujeta a la luz solar, por lo que si se colocan en una localización que está la mayor del tiempo en la sombra o en un clima muy lluvioso no será tan rentable que si reciben luz la durante la mayor parte del tiempo. Así, la rentabilidad de estas instalaciones es muy variable y depende de muchos factores.

Lo normal es contar como mínimo con un panel de 40 o 50 células, ya que es el más habitual que encontrarás en el mercado. Cada célula es capaz de generar entre 10 y 15 voltios, por lo que la placa más sencilla es capaz de generar 400W, una media de 4 kWh al día y 124 kWh al mes.

La instalación de placas solares es un aspecto muy a tener en cuenta si se quiere comprar un coche eléctrico, ya que a largo plazo suele ser muy beneficioso, sobre todo en un clima como el de España. Por ello, como parte del ejercicio práctico de este informe se ha estudiado una posible instalación de placas solares en el tejado de una vivienda de Madrid. Hay muchos tipos de placas solares, al mismo tiempo que compañías con diferentes tarifas y situaciones como viviendas particulares, comunidades de vecinos, oficinas de empresas... Se ha elegido el supuesto de una vivienda particular donde poner tus propias placas solares. El tipo y número de paneles elegido será estándar de 400 KWp y 11 paneles y una factura de la luz de 180€/mes.

La instalación se ha calculado en diversas compañías, con el mismo caso y características descritas siendo la opción más interesante la calculada con la compañía NATURGY. El resultado final (extraído de su página web) será el utilizado en para los cálculos del apartado [cálculos](#) y es el siguiente:

Solución Óptima

Tu instalación al detalle

Tipo de instalación:	Monofásica
Inclinación de módulos:	30°
Orientación:	Sureste
Superficie de captación:	20,90 m²
Potencia pico instalada:	4,46 kWp
Potencia nominal:	4,00 kW

Factura final 94 €/mes

Ahorro total 85 €/mes



Ahorro autoconsumo
Descuento excedentes

60 €
24 €

Solar
solución óptima

7.967 €
IVA incluido

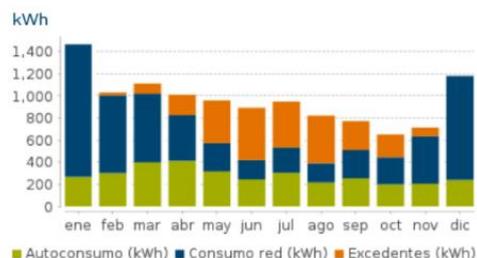
Instalación propuesta:
4.46 kWp (11 paneles)

Tu situación energética

Tu consumo actual es de 9.000 kWh/año

Con Naturgy Solar

Tu producción neta será de	5.920 kWh/año
Tu autoconsumo será de	3.363 kWh/año
Tus excedentes serán de	2.557 kWh/año
Tu consumo de red será de	5.637 kWh/año



 **37% de reducción de consumo**

ILUSTRACIÓN 26. ESTIMACIONES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA CON PLACAS SOLARES. COMPAÑÍA NATURGY

Para lograr una mayor fiabilidad, comparamos los datos de los kWh estimados con otro calculador, independiente de las compañías instaladoras. A través de la página web https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#PVP introducimos la misma potencia instalada (4,4kWp) en la misma geolocalización y obtenemos incluso una mayor potencia generada. Para los cálculos, por tanto, se utilizará el menor valor, correspondiente con 5920kWh/año.

ILUSTRACIÓN 27. PRODUCCIÓN ANUAL DE PLACAS SOLARES

Localización [Lat/Lon]:	40.494,-3.361
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-SARAH2
Tecnología FV:	Silicio cristalino
FV instalada [kWp]:	4.4
Pérdidas sistema [%]:	14

Es

Resultados de la simulación:	
Ángulo de inclinación [°]:	30
Ángulo de azimut [°]:	0
Producción anual FV [kWh]:	7047.9
Irradiación anual [kWh/m ²]:	2068.17
Variación interanual [kWh]:	225.77
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia [%]:	-2.69
Efectos espectrales [%]:	0.51
Temperatura y baja irradiancia [%]:	-7.92
Pérdidas totales [%]:	-22.55

importante destacar que la energía generada por las placas durante el día no se emplea directamente en cargar el coche, ya que hemos supuesto el caso más rentable que es el de cargar el coche en las horas valle (cuando ya no hay luz). La energía generada es consumida directamente en caso de haber una demanda. En caso contrario, se devuelve a la red o se almacena en baterías. Como independientemente de la hora a la que se cargue el coche hay un ahorro de energía (y por tanto de dinero) al ser esta producida por las placas de manera “gratuita”, se ha supuesto para el cálculo de los costes del apartado 11.7 que esta energía es empleada en la recarga de las baterías.

11.3. Punto de carga

Infraestructura doméstica

Como ya se ha analizado anteriormente, la mejor opción actual debido a la escasez de establecimientos de recarga públicos es contar con un cargador doméstico. Hay diferentes tipos de cargadores, según la potencia, las posibilidades y el tipo de carga que ofrecen (ver punto 3.3). Los cargadores domésticos permiten realizar cargas más lentas que alargan la vida útil de las baterías durante las horas en las que no se necesita usar el coche. Además, al ser cargas de menos potencia, tener tarifas de luz más baratas que en los sitios públicos y poder usarlo durante los periodos de las horas valle donde los precios de la electricidad son mucho más bajos hace que sea mucho más económico cargarlo en casa y que a largo plazo sea rentable su instalación. Por tanto, este es un aspecto clave y que más puede influir en la rentabilidad del coche eléctrico.

Las empresas especializadas en instalaciones de cargadores de coches son muy numerosas. Por ejemplo, con la empresa Emovili (<https://emovili.com/>) se consiguen precios muy económicos si tienen en cuenta las ayudas del Plan Moves para particulares. En la siguiente imagen se encuentran los precios de diferentes tipos de cargadores y su instalación.

	<p>Cargador básico</p> <p>✓ Instalación y cargador básico con balanceo de carga.</p>	<p>Precio con IVA 1.336€</p> <p>Con el MOVES III 563€</p>
	<p>Cargador inteligente</p> <p>✓ Instalación y cargador inteligente con balanceo y app.</p>	<p>Precio con IVA 1.397€</p> <p>Con el MOVES III 589€</p>
	<p>Cargador premium</p> <p>✓ Instalación y cargador inteligente con balanceo y app premium.</p>	<p>Precio con IVA 1.530€</p> <p>Con el MOVES III 645€</p>

ILUSTRACIÓN 28. PRECIOS DE INSTALACIONES DE CARGADORES DOMÉSTICOS.

Para la realización de nuestros cálculos se usará el cargador inteligente con un precio final de 589€. Dicho cargador permite una potencia de carga de hasta 7,4KW, además de la capacidad de conectarlo con el móvil a través de Bluetooth para gestionar las cargas y facilitar su uso en las horas valle. Es apto para corriente monofásica y cuenta con un cable de 5m de longitud. Cabe destacar que, tal y como lo dice el artículo 17.5 de la Ley de Propiedad Horizontal, la instalación de estos cargadores se puede realizar en garajes colectivos de comunidades de vecinos siempre que se notifique previamente y que el cargador esté en la zona de la plaza en propiedad y esté conectada al contador particular.

El **precio de la electricidad** depende de cada tarifa y de la compañía con la que se tenga el contrato y, como también se ha explicado en el punto 10.5, es imposible establecer una predicción de precios de la electricidad. Actualmente se encuentra en **máximos históricos** en toda Europa, encareciéndose en 2021 un 33% respecto al año anterior y esto ha servido de excusa para que muchos detractores del coche eléctrico pongan en duda el coste real de las recargas de las baterías. Además, el precio de la electricidad varía notablemente dependiendo de las horas en las que se consuma. Existen las horas valle, desde las 00h hasta las 8.00 h, donde la energía alcanza los valores más bajos, y también están las horas punta donde la energía es mucho más cara, llegando a haber diferencias de hasta 0,4€/KWh. Esta última franja horaria se corresponde con los periodos entre las 10h y las 14h y entre las 18h y 22h.

Por poner un ejemplo, el día 13 de diciembre de 2022, el precio más bajo detectado ha sido de 0,03633€/KWh entre las 5h y las 6h, mientras que el precio más alto ha llegado a los 0,35267€/KWh teniendo lugar a las 20h.

En la imagen inferior se muestra las medias de los precios de la electricidad año tras año, donde se ve una clara tendencia de subida (la cual coincide con la inflación), a excepción de los últimos dos años afectados por la pandemia y recientes subidas de impuestos.

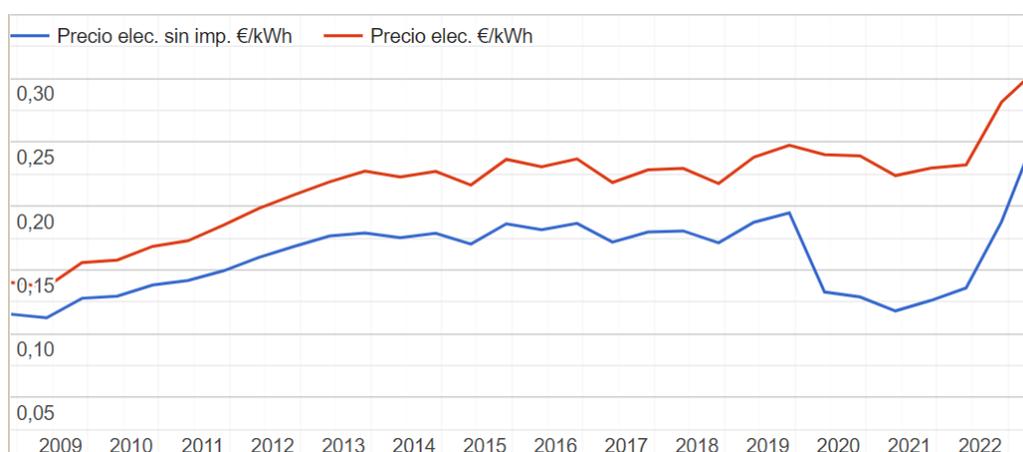


ILUSTRACIÓN 29. PRECIOS DE LA ELECTRICIDAD EN LOS HOGARES EN ESPAÑA. FUENTE:

[HTTPS://DATOSMACRO.EXPANSION.COM/ENERGIA-Y-MEDIO-AMBIENTE/ELECTRICIDAD-PRECIO-HOGARES/ESPANA](https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-precio-hogares/espana)

Por tanto, como el objetivo es estudiar las opciones eléctricas más viables, de cara al ejercicio práctico realizado en este informe, en el caso de contar con un punto de recarga doméstico se asumirá la recarga del coche en las horas valle, que precisamente es cuando menos se utiliza el coche (entre las 00 y 8.00 horas). Por ello, los cálculos realizados se tomarán una estimación con un valor de 0,15€/KWh, precio realmente algo mayor que el observado en las horas más baratas para establecer un criterio más conservador.

¿Qué ocurre si no es posible tener un punto de carga doméstico?

Otra opción es la de usar sitios de recarga públicos como en sitios de aparcamiento adaptados en la calle, centros comerciales o incluso en el trabajo. Esta opción es claramente más desaconsejable ya que lo más normal es que tengan que usar cargas rápidas que acabarán dañando la batería con el tiempo, pero como ya se ha visto, la realidad es que la mayor parte de los vehículos de España duermen en la calle sin posibilidad de uso de un cargador doméstico.

Puede resultar algo impreciso sacar un precio de la electricidad en estos puestos ya que depende de varios factores como la compañía que se encarga del punto de recarga, el tipo de carga que se emplee (las cargas rápidas, de mayor potencia, son más caras), el contrato que se tenga con ciertas compañías eléctricas... Incluso en determinados la recarga sitios puede llegar a ser totalmente gratis. Esto ocurre por ejemplo en establecimientos como centros comerciales con el objetivo de atraer más clientes.

De lo que no hay duda es que siempre va a resultar más caro recargar el coche en un sitio público que en el garaje en las horas valle con la tarifa de la compañía eléctrica con la que se tenga contrato, a excepción de los establecimientos de recarga gratuitos (que tampoco son muy frecuentes). El rango de precios puede variar desde los 0€ hasta los 0,79€/KWh en los casos más extremos. Sin embargo, según se vaya avanzando en la electrificación de la

movilidad, la instalación de electrolineras y puntos de recarga serán más rentables al tener más clientes y lo normal es que aumente el número de puestos a la vez que van reduciendo los precios. Por ejemplo, en la Red Ionity (creada por el grupo BMW, Ford Mercedes y VW), con el abono anual y la tarifa baja el precio se sitúa en 0,35€/KWh. En el caso de los cargadores Tesla, sin contar con el abono de suscripción el precio ronda los 0,64€/KWh. Como en los sitios públicos lo más frecuente es usar las cargas más rápidas, se ha establecido un precio de 0,5€/KWh para la realización de los cálculos posteriores.

Precio del combustible



ILUSTRACIÓN 30. PRECIOS AL CONSUMIDOR DE PRODUCTOS PETROLÍFEROS. FUENTE:
[HTTPS://DATOSMACRO.EXPANSION.COM/ENERGIA/PRECIOS-GASOLINA-DIESEL-CALEFACCION/ESPANA](https://datosmacro.expansion.com/energia/precios-gasolina-diesel-calefaccion/espaa)

Tal y como se aprecia en el gráfico anterior, los precios del combustible, a diferencia de la electricidad, siguen una evolución algo más irregular, pero en líneas generales con una tendencia ascendente, que se vuelve muy pronunciada en los últimos años debido situación estructural. En septiembre de 2012 se alcanzó en España el récord histórico de 1,522 euros por litro de gasolina, dato que no se volvió a superar hasta los años 2020 y 2022, donde se empiezan a encontrar registros cercanos a los 2€/L. Además, a partir del año 2023, las ayudas económicas del gobierno de 0,2€/L se acabarán para los conductores particulares. En un futuro a largo plazo, cuando la venta de vehículos de combustión se prohíba en Europa, cabe esperar grandes bajadas en el precio, pero dicha prohibición no llegará hasta 2035. El precio base fijado, por tanto, para la realización del caso práctico es de 1,8€/L para la gasolina.

11.4. Aparcamiento

Los coches con la etiqueta 0 emisiones cuentan con la ventaja de poder aparcar gratis y de manera ininterrumpida en zonas de estacionamiento limitado. Según un estudio realizado por la compañía OCU, en todas las capitales de provincia españolas se limita el estacionamiento exceptuando Badajoz, Lugo, Melilla, Pontevedra y Santa Cruz de Tenerife. Con estas limitaciones lo que se pretende es favorecer el uso de transporte público, reducir la gran cantidad de coches en circulación en los centros de las ciudades (generalmente más congestionados) y, en última instancia, disminuir las emisiones a la atmósfera. Las condiciones de estas zonas de aparcamiento varías de unas comunidades a otras. Por ejemplo, en Barcelona cuesta aparcar en determinadas áreas hasta 3€ la hora mientras que en Palencia

basta con abonar 1,15€. Además, existe la zona verde, que tiene un coste mayor además de no poder aparcar más de dos horas seguidas en el mismo barrio.

La situación se complica más si se añade el hecho de que aparcar en estas zonas es, además de caro, difícil debido a los pocos sitios disponibles. El instituto Sondea ha elaborado un informe que estima que, de media, los españoles pagan de media 12€ al mes, donde un 5,84% asegura pagar más de 40€ por el estacionamiento de su vehículo.

Finalmente, son aproximadamente $12 \times 12 = 244\text{€}/\text{año}$ que los conductores de vehículos eléctricos se pueden ahorrar.

11.5. Emisiones

Emisiones = FE * dato de actividad

Los factores de emisión (explicados en el punto 7.1) se han obtenido de las tablas mostrada en el apartado [Anexos](#). (Se han cogido los valores de 2018, ya que para los años siguientes no existen valores asociados). Para el caso de la electricidad, se ha escogido el factor de emisión de Iberdrola, una de las compañías más extendidas en España. En el caso de usar puntos de recarga públicos, habrá que escoger el factor de emisión los mix de energía de las empresas comercializadoras sin GdO:

-FE Gasolina: 2,227 kgCO₂e/L

-FE Electricidad con punto de recarga doméstico: 0,232 kgCO₂e/KWh

-FE Electricidad con punto de recarga público: 0,259 kgCO₂e/KWh

El dato de actividad variará para dependiendo del caso. Para el caso más básico (sin placas solares) se multiplica el consumo por los Km recorridos, y el factor de emisión dependerá de si se usa un cargador público o privado. En el caso que considera las placas solares, habrá que restar el consumo generado por estas al consumo total. El FE asociado a la energía proporcionada por las placas será 0, ya que es una fuente de energía renovable, por lo que sus emisiones serán nulas.

En el caso de los coches gasolina únicamente habrá que multiplicar el FE ya especificado por el consumo anual de gasolina (dato de actividad). Los resultados de los cálculos se pueden consultar en la del siguiente apartado.

11.6. Financiación

Un coche por lo general suele ser un elemento de elevado precio. Pocas veces se paga la cantidad entera de una sola vez, y menos en el caso de los eléctricos ya que tienen precios normalmente más altos que sus homólogos de combustión. Por ello, la financiación es un tema muy relevante a la hora de adquirir ya no solo un coche, sino cualquier producto de elevado precio. Su funcionamiento es básicamente un préstamo de dinero el cual hay que devolverlo en un plazo de tiempo sumado a unos intereses. Estos intereses serán de acuerdo con el tipo de financiación que se escoja, variando según la entidad prestadora, el contrato, el importe inicial, la duración del préstamo... La mejor opción, a priori, será la de pagar al contado, pero pocas veces se tiene toda la cantidad disponible y por ello es necesaria la financiación, a pesar

de pagar una cantidad algo mayor. Esta solución puede encarecer la adquisición de un coche notablemente a largo plazo y por ello es importante buscar un buen modelo de financiación.

En cuanto a los préstamos dirigidos a los coches eléctricos, muchas entidades bancarias han empezado a ofrecer financiaciones con condiciones mucho más ventajosas que para los coches de combustión ya que el tipo de interés suele ser inferior para el caso de los eléctricos. Además, la opción de pedir el préstamo en una entidad bancaria suele tener muchas más ventajas que optar por la financiación que ofrece la propia marca del coche al vender sus diferentes modelos. Algunas de estas ventajas son:

- Más opciones de financiación, adaptadas a las necesidades de cada cliente
- Intereses más bajos, por lo que la cantidad total a pagar será menor.
- Permiten la financiación del 100% del precio del vehículo a la vez que un límite inferior más bajo.

Por lo tanto, las tres opciones de pagar un coche son: hacerlo al contado, pedir un préstamo a través del banco, y un préstamo a través del concesionario. ¿Cuál es mejor? Depende. Al pagar todo de una sola vez evitas pagar intereses, por lo que es más barato. Sin embargo, se puede perder la oportunidad de hacer otras inversiones al gastar tanto dinero, como por ejemplo en las placas solares, lo que a largo plazo puede resultar no ser tan beneficioso.

Como la opción de pagar el coche de una vez no suele ser lo habitual, en este ejercicio se exploran diferentes opciones de financiación. Para ello, se estudiarán las condiciones ofrecidas por los concesionarios para cada modelo escogido, y se analiza también las financiaciones ofrecidas por entidades bancarias, quedándonos con las más rentable a largo plazo.

Para los coches de gama baja-media se escoge una entrada inicial aproximada de 4.000€ y un plazo de 4 años. Para los de gama media-alta se escogerá una entrada de 15.000€ y un plazo de 4 años también.

Entre las ofertas de financiación específicas destaca, por ejemplo, la que ofrece el banco BBVA llamada Préstamo Coche Ecológico (aunque solo estaría disponible para clientes). El máximo de este préstamo es de 70.000€, por lo permitiría financiar el coche entero para nuestros casos escogidos. Por otro lado, también dispone de financiaciones dirigidas a coches que no son eléctricos, que se usará para nuestros coches de combustión seleccionados. De la misma manera, el banco Santander también tiene ofertas para la financiación de vehículos, siendo mejores las condiciones si se trata de eléctricos.

Para estudiar la financiación y ver la diferencia entre la financiación de un eléctrico y uno de combustión se ha consultado los simuladores online de ambos bancos. Para los coches de baja-media gama simulamos una entrada de 5000€ y para los de media-alta gama una de 10.000€, por lo que el préstamo a pedir será del precio de cada coche menos dicha cantidad. La duración escogida será 5 años para todos los modelos. Finalmente se escogerá la financiación que más convenga. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Renault Twingo

- Préstamo obtenido con Banco Santander

Comisión de apertura financiada	(1,50%) 244,14 €
Tipo de interés nominal primer año (tipo fijo)	5,75%
Tipo de interés nominal resto periodo (tipo fijo)	6,75%
TAE¹	7,22%
Importe total financiado	16.520,14 €

Entrada: 5.000€

Préstamo: 16.276€

Cuota mensual: 317,46€ (1er año), después 323,71€/mes

Cuota anual: 3809,52€/año (1er año), después 3884,52€/año

- Préstamo obtenido con Banco BBVA

318,46€	
Al mes durante: 5 años	
TIN: 6.50 % TAE: 6.80 %	
Comisión de apertura:	0 %
Total a devolver, sumando capital, intereses y gastos:	19.199,64€

Entrada: 5000€

Préstamo: 16.276€

Cuota mensual: 318,46€/mes

Cuota anual: 3821.52 €/año

Citroen e-C4

- Préstamo obtenido con Banco BBVA

610,24€	
Al mes durante: 5 años	
TIN: 6.95 % TAE: 7.23 %	
Comisión de apertura:	0 %
Total a devolver, sumando capital, intereses y gastos:	36.754,05€

Entrada: 5.000€

Préstamo: 30855€

Cuota mensual: 610,24€ (1er año), después 323,71€/mes

Cuota anual: 7322,88€/año (1er año), después 3884,52€/año

- Préstamo obtenido con Banco Santander

Comisión de apertura financiada	(1,50%) 462,83 €
Tipo de interés nominal primer año (tipo fijo)	5,75%
Tipo de interés nominal resto periodo (tipo fijo)	6,75%
TAE¹	7,22%
Importe total financiado	31.317,83 €

Entrada: 5.000€

Préstamo: 30.855€

Cuota mensual: 601,83€ (1er año), después 613,67€/mes

Cuota anual: 7221,96 €/año (1er año), después 7364,04€/año

VW ID.4

- Préstamo obtenido con Banco Santander

Comisión de apertura financiada	(1,50%) 638,32 €
Tipo de interés nominal primer año (tipo fijo)	5,75%
Tipo de interés nominal resto periodo (tipo fijo)	6,75%
TAE¹	7,22%
Importe total financiado	43.193,33 €

Entrada: 10.000€

Préstamo: 42.555€

Cuota mensual: 830,04 € (1er año), después 846,37€/mes

Cuota anual: 9960,48€/año (1er año), después 10156,44€/año

- Préstamo obtenido con Banco BBVA

841,64€
Al mes durante: 5 años
TIN: 6.95 % TAE: 7.22 %
Comisión de apertura: 0 %
Total a devolver, sumando capital, intereses y gastos: 50.673,59€

Entrada: 10.000€

Préstamo: 42.555€

Cuota mensual: 841,64 €/mes

Cuota anual: 10.099,68€/año

Mercedes EQA

- Préstamo obtenido con Banco Santander

Comisión de apertura financiada	(1,50%) 658,02 €
Tipo de interés nominal primer año (tipo fijo)	5,75%
Tipo de interés nominal resto periodo (tipo fijo)	6,75%
TAE¹	7,22%
Importe total financiado	44.526,02 €

Entrada: 10.000€

Préstamo: 43.868€

Cuota mensual: 855,65 € (1er año), después 872,48€/mes

Cuota anual: 10267,8€/año (1er año), después 10469,76€/año

- Préstamo obtenido con Banco BBVA

867,60€
Al mes durante: 5 años
TIN: 6.95 % TAE: 7.21 %
Comisión de apertura: 0 %
Total a devolver, sumando capital, intereses y gastos: 52.235,67€

Entrada: 10.000€

Préstamo: 43.868€

Cuota mensual: 867,60 €/mes

Cuota anual: 10.411,68€/año

Citroën C4

- Préstamo obtenido con Banco Santander

Comisión de apertura financiada	(1,50%) 271,58 €
Tipo de interés nominal primer año (tipo fijo)	5,75%
Tipo de interés nominal resto periodo (tipo fijo)	6,75%
TAE¹	7,22%
Importe total financiado	18.376,58 €

Entrada: 5.000€

Préstamo: 18.105€

Cuota mensual: 353,14€ (1er año), después 360,09€/mes

Cuota anual: 4237,68€/año (1er año), después 4321,08€/año

- Préstamo obtenido con Banco BBVA

354,25€

Al mes durante: **5 años**

TIN: 6.50 % | TAE: 6.79 %

Comisión de apertura: **0 %**

Total a devolver, **21.352,04€**
sumando capital,
intereses y gastos:

Entrada: 5.000€

Préstamo: 18.105€

Cuota mensual: 354,25 €/mes

Cuota anual: 4251€/año

Peugeot 208

- Préstamo obtenido con Banco Santander

Comisión de apertura financiada	(1,50%) 173,85 €
Tipo de interés nominal primer año (tipo fijo)	5,75%
Tipo de interés nominal resto periodo (tipo fijo)	6,75%
TAE¹	7,22%
Importe total financiado	11.763,85 €

Entrada: 5.000€

Préstamo: 11590€

Cuota mensual: 226,06€ (1er año), después 230,51€/mes

Cuota anual: 2712,72€/año (1er año), después 2766,12€/año

- Préstamo obtenido con Banco BBVA

354,25€

Al mes durante: **5 años**

TIN: 6.50 % | TAE: 6.79 %

Comisión de apertura: **0 %**

Total a devolver, **21.352,04€**
sumando capital,
intereses y gastos:

Entrada: 5.000€

Préstamo: 18.105€

Cuota mensual: 354,25 €/mes

Cuota anual: 4251€/año

Mazda CX-5

- Préstamo obtenido con Banco Santander

Comisión de apertura financiada	(1,50%) 484,10 €
Tipo de interés nominal primer año (tipo fijo)	6,25%
Tipo de interés nominal resto periodo (tipo fijo)	7,25%
TAE¹	7,76%
Importe total financiado	32.757,10 €

Entrada: 10.000€
Préstamo: 32.273 €
Cuota mensual: 637,1€ (1er año), después 649,59€/mes
Cuota anual: 7645,2€/año (1er año), después 7795,08€/año

- Préstamo obtenido con Banco BBVA

645,92€
Al mes durante: 5 años
TIN: 7.45 % TAE: 8.79 %
Comisión de apertura: 2.3 %
Total a devolver, sumando capital, intereses y gastos: 39.641,93€

Entrada: 10.000€
Préstamo: 32.273€
Cuota mensual: 645,92 €/mes
Cuota anual: 7751,04€/año

BMW 230 Coupe

- Préstamo obtenido con Banco Santander

Comisión de apertura financiada	(1,50%) 493,50 €
Tipo de interés nominal primer año (tipo fijo)	6,25%
Tipo de interés nominal resto periodo (tipo fijo)	7,25%
TAE¹	7,76%
Importe total financiado	33.393,50 €

Entrada: 10.000€
Préstamo: 32.900€
Cuota mensual: 649,48€ (1er año), después 662,21€/mes
Cuota anual: 7793,76€/año (1er año), después 7946,52€/año

- Préstamo obtenido con Banco BBVA

658,47€
Al mes durante: 5 años
TIN: 7.45 % TAE: 8.79 %
Comisión de apertura: 2.3 %
Total a devolver, sumando capital, intereses y gastos: 40.411,20€

Entrada: 10.000€
Préstamo: 32.900€
Cuota mensual: 658,47 €/mes
Cuota anual: 7901,64€/año

11.7. Cálculos

La siguiente tabla se ha elaborado con el fin de resumir y organizar los datos recogidos en los apartados anteriores, y para facilitar una comparativa de coches eléctricos y de combustión de características similares.

Eléctricos

Marca Modelo Versión	Renault Twingo Zen R80 20KWh 2020	Citroën ë-C4 Feel 2021	Volkswagen ID.4 Pro Performance 2021	Mercedes-Benz EQA 250 2021
Precio con IVA €	21.726	35.855	52.555	53.868
Consumo KWh/100Km	16	16	16,7	15,5
Potencia CV	82	76	204	190
Autonomía Km	190	338	522	424
Capacidad útil KWh				
Longitud mm	3615	4360	4584	4463
Seguro Todo riesgo €/año	547-346	540-367	869-460	232-357
Manenimiento €/año	100	100	100	100

Combustión

Marca Modelo Versión Combustible	Peugot 208 Like PureTech gasolina	Citroën C4 2021 gasolina	Mazda CX-5 2.5 SKYACTIV-G 2021 gasolina	BMW 230i Coupé 2021 Gasolina
Precio con IVA €	18.390	23.105	42.663	42.900
Consumo KWh/100Km	5,3Average; 6,4 baja; 4,6 alta	4,4-5,8	7,6; 10 baja, 6,5 alta	7,3
Potencia CV	75	130	194	252
Longitud mm	4055	4360	4575	4432
Emisiones	154gr/km	119 gr/km	172 gr/km	166
Seguro Todo riesgo €/año	593-352 €/año	209-258	218	247-373
Manenimiento €/año	500	500	500	500
Etiqueta	C	C	C	C

TABLA 6. CARACTERÍSTICAS DE LOS MODELOS DE COCHES BASE

Costes obtenidos para los vehículos eléctricos

	Renault	Citroën	Volkswagen	Mercedes-Benz
Precio inicial €	21.726	35.855	52.555	53.868
Descuento (ayudas Plan Moves III) €	7.000	7.000	0	0
Punto de recarga doméstico (incluyendo ayudas Plan Moves III) €	589	589	589	589
inversión placas solares €	7.967	7.967	7.967	7.967
Impuesto matriculación €/año	0	0	0	0
Entrada inicial €	5.000	5.000	10.000	10.000
Cuota anual con financiación €	3.809,52 año1 / 3.884,52 resto	7.221,96 año1 / 7.364,04 resto	9.960,48 año 1 / 10.156,44 resto	10.267,8 año1 / 10.469,76 resto
Inversión inicial €				
Con punto de recarga doméstica y placas	13.556	13.556	18.556	18.556
Con punto de recarga doméstica y sin placas	5.589	5.589	10.589	10.589
Punto de recarga público	5.000	5.000	10.000	10.000
Kilómetros recorridos Km/año	17.000	17.000	17.000	17.000
Impuesto circulación €/año	5	32,25	32,25	32,25
Ahorro estimado con Placas solares KWh/año	5.920	5.920	5.920	5.920
Consumo anual Energía KWh	2.720	2.720	2.839	2.635
Precio Electricidad €/KWh con punto de recarga doméstico	0,1	0,1	0,1	0,1
Electricidad €/KWh con punto de recarga público	0,5	0,5	0,5	0,5
Coste estacionamiento	0	0	0	0
mantenimiento	200	200	200	200
seguro	346	367	460	500
gastos anuales €/año (sin contar con financiación)				
Punto de carga doméstico con placas	551	599,25	692,25	732,25
Punto de recarga doméstico sin placas	823	871,25	976,15	995,75
Punto de recarga público	1.911	1.959,25	2.111,75	2.049,75

TABLA 7. COSTES DE LOS COCHES ELÉCTRICOS

Costes de los coches de combustión

	Peugeot	Citroën	Mazda	BMW
Precio inicial	18.390	23.105	42.663	42.900
Impuesto matriculación	873,525	1097,4875	4159,6425	4182,75
Entrada inicial €	5000	5000	10000	10000
Cuota anual con financiación €	2.712,72 año1/2.766,12 resto	4.237,68 año1/4.321,08 resto	7.645,2 año1/7.795,08 resto	7.793,76 año1/7.946,52 resto
Inversión inicial	5.874	6.097	14.160	14.183
Impuesto circulación	59	129	129	129
combustible	gasolina	gasolina	gasolina	gasolina
Precio Combustible	1,8	1,8	1,8	1,8
Kilómetros recorridos Km/año	17.000	17.000	17.000	17.000
Consumo medio L/100km	6,4	5,8	7,6	7,3
Consumo anual L/año	1088	986	1292	1241
Coste combustible anual	1.958,4	1.774,8	2.325,6	2.233,8
Coste estacionamiento €/año	244	244	244	244
mantenimiento €/año	400	400	400	400
seguro €/año	200	258	268	320
gastos anuales €/año	2.861	2.806	3.367	3.327

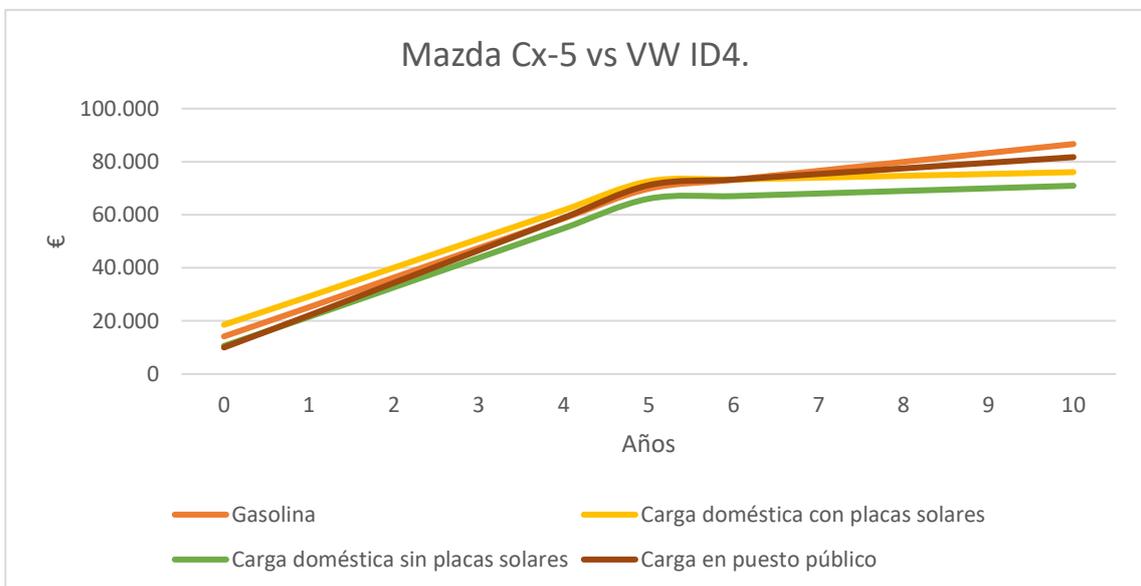
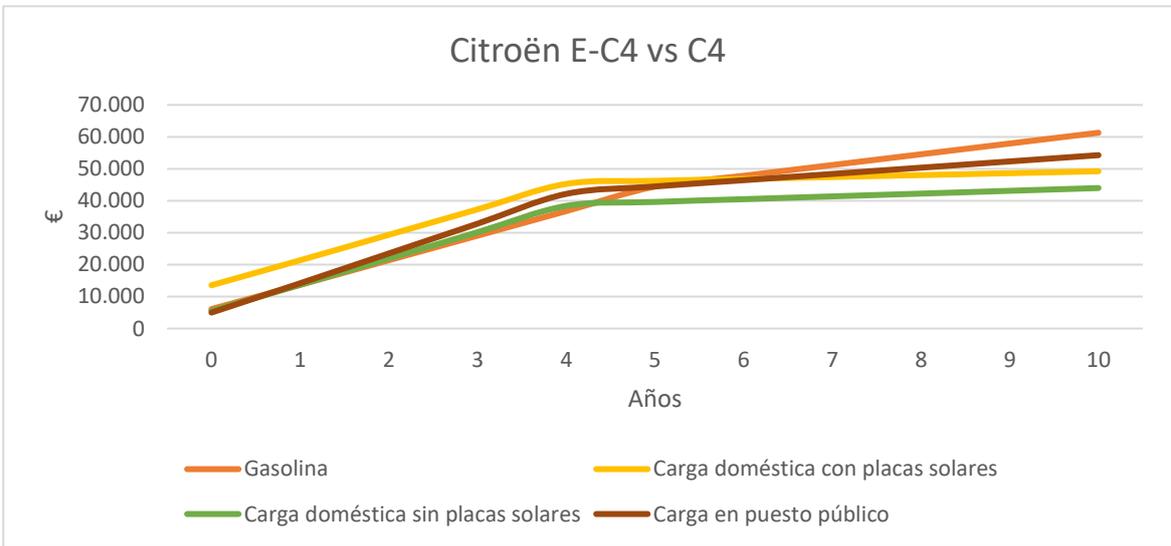
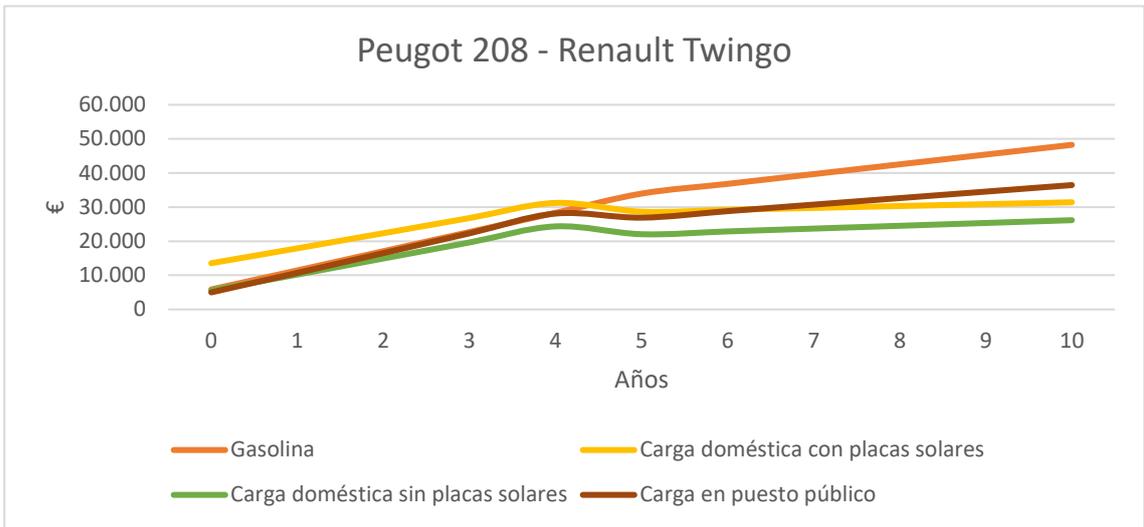
TABLA 8. COSTES DE LOS COCHES DE COMBUSTIÓN

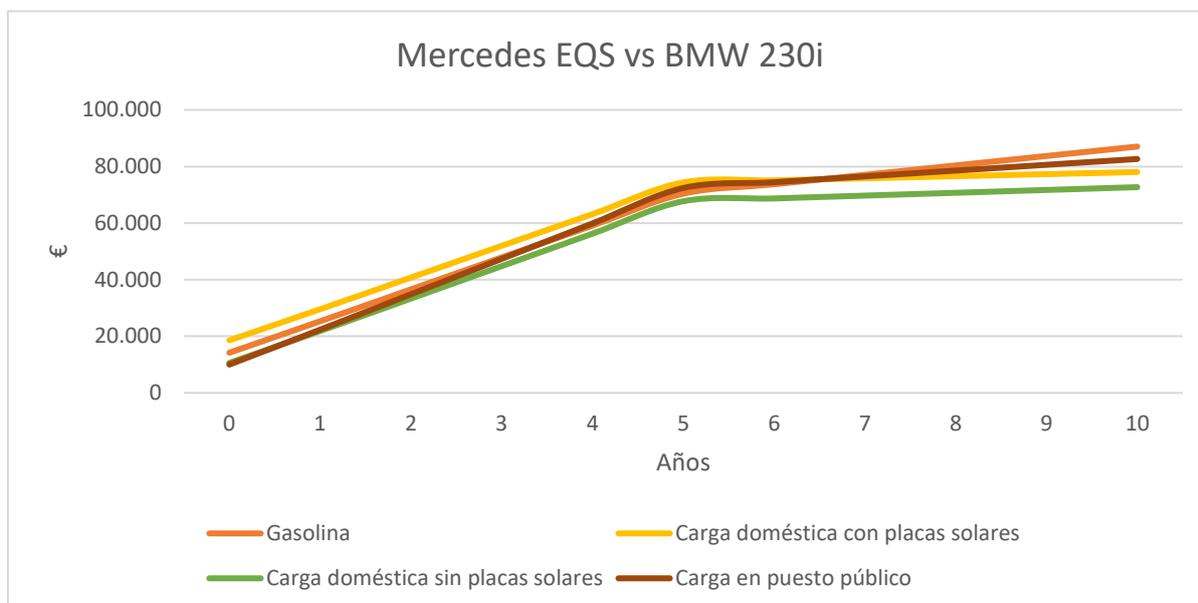
Una vez tenemos todos los datos de los precios, inversiones, los gastos iniciales y fijos y anuales, así como la financiación procedemos a calcular el coste de la adquisición de los vehículos año tras año, para realizar un análisis de la viabilidad del coche eléctrico comparada con el de combustión, bajo los datos descritos anteriormente.

Las tablas y gráficas del precio que cuesta el coche año por año se muestran a continuación:

Años ->	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DIFERENCIAS MÁXIMAS DE PRECIO
Peugeot	5.874	11447,245	17074,365	22701,485	28328,605	33955,725	36816,725	39677,725	42538,725	45399,725	48.260,7	22.094
Citroën	6.097	13.702	21.389	29.077	36.765	44.452	47.819	51.186	54.552	57.919	61.285	17.306
Mazda	14.160	25.171	36.333	47.495	58.656	69.818	73.185	76.551	79.918	83.285	86.651	15.714
BMW	14.183	25303,31	36576,63	47849,95	59123,27	70396,59	73723,39	77050,19	80376,99	83703,79	87.030,5	14.337
Renault	13.556	17916,52	22352,04	26787,56	31223,08	28658,6	29209,6	29760,6	30311,6	30862,6	3.1413,6	
carga en casa y con placas												
Carga en casa sin placas	5.589	10.222	14.929	19.637	24.344	22.052	22.875	23.698	24.521	25.344	26.167	
Recarga en puesto público	5.000	10.721	16.516	22.312	28.107	26.903	28.814	30.725	32.636	34.547	36.458	
Citroën e-C4	13.556	21377,21	29340,5	37303,79	45267,08	46230,37	46829,62	47428,87	48028,12	48627,37	49.226,6	
carga en casa y con placas												
Carga en casa sin placas	5.589	13682,21	21917,5	30152,79	38388,08	39623,37	40494,62	41365,87	42237,12	43108,37	43.979,6	
Recarga en puesto público	5.000	14181,21	23504,5	32827,79	42151,08	44474,37	46.434	48.393	50.352	52.311	54.271	
VW	18.556	29.209	40.057	50.906	61.755	72.603	73.296	73.988	74.680	75.372	76.065	
carga en casa y con placas												
Carga en casa sin placas	10.589	21525,63	32658,22	43790,81	54923,4	66055,99	67032,14	68008,29	68984,44	69960,59	70.936,7	
Recarga en puesto público	10.000	22072,23	34340,42	46608,61	58876,8	71144,99	73256,74	75368,49	77480,24	79591,99	81.703,7	
Mercedes	18.556	29.556	40.758	51.960	63.162	74.364	75.096	75.829	76.561	77.293	78.025	
carga en casa y con placas												
Carga en casa sin placas	10.589	21.853	33.318	44.784	56.249	67.715	68.710	69.706	70.702	71.698	72.693	
Recarga en puesto público	10.000	22317,55	34837,06	47356,57	59876,08	72395,59	74445,34	76495,09	78544,84	80594,59	82.644,3	

TABLA 9. PRECIO ACUMULADO AÑO POR AÑO DE CADA COCHE



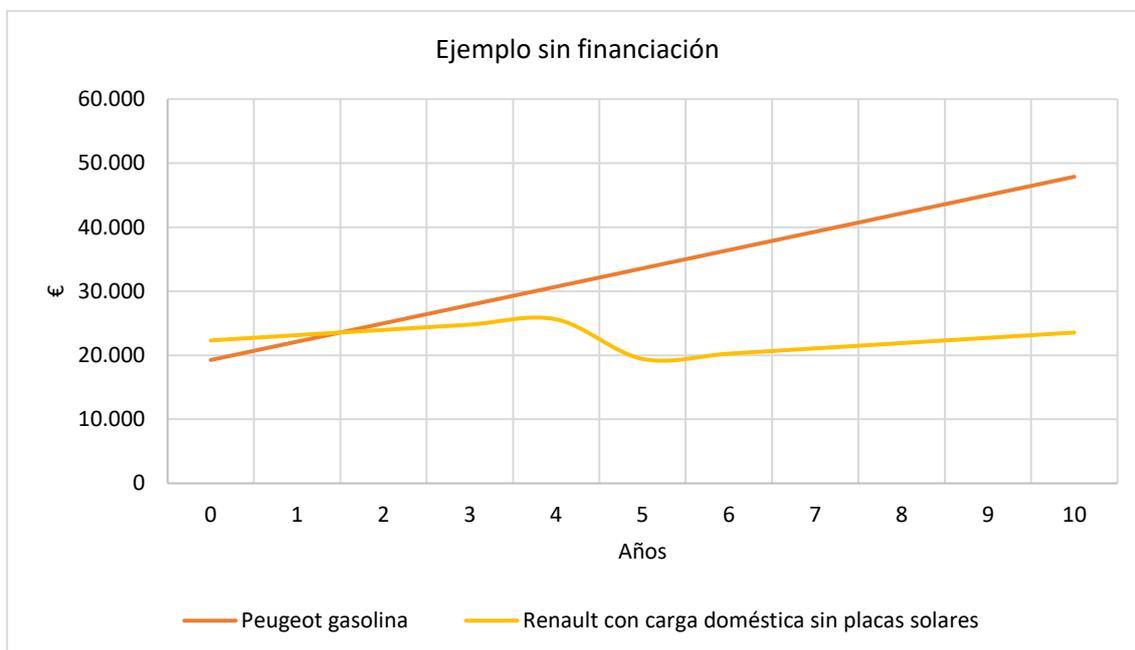


Como se puede observar, a un plazo de 10 años todos los modelos de gasolina acaban siendo más caros, con unas diferencias de hasta 22.000€. Por tanto, se comprueba que, con todas las ayudas actuales, la inversión a largo plazo termina siendo **más rentable si se escoge un eléctrico**. Además, con la financiación no hace falta hacer grandes inversiones iniciales ya que el préstamo te permite pagar mes a mes, y en este caso, con la financiación escogida, con muy pocos intereses. Respecto a este tema se ha de destacar que, por ejemplo, el banco Santander ofrece préstamos de dinero específicos para coches con muy buenas condiciones, aunque no hay gran diferencia entre la financiación de un coche eléctrico o de gasolina. Por otro lado, la financiación propuesta con el banco BBVA es algo más cara, aunque esta entidad sí que hace mejores descuentos si el coche es eléctrico.

También se ha de destacar que, en el plazo de 10 años, la mejor opción es la de comprar un coche eléctrico junto con la inversión de un cargador doméstico: En todos los casos la línea verde (Carga doméstica sin placas solares) acaba siempre por debajo del resto, por lo que es la opción más barata. Sin embargo, la inversión de placas solares junto con la de un punto de carga doméstico (línea amarilla) acabaría siendo la más barata pese a ser la más cara inicialmente, ya que según los datos de generación energía estimados, se podría abastecer la carga de las baterías con la energía producida por estas. De este modo, el transporte saldría gratis y los gastos mensuales y anuales mucho menores. Se puede comprobar con la menor pendiente de la línea amarilla.

Queda demostrado también que, la recarga del coche en la calle sale mucho más caro que la carga durante las horas valle en el garaje de casa. Otro dato importante es que, durante los primeros años, aun cogiendo la inversión inicial de las placas solares que es la más cara, las diferencias de los precios entre esta y las del coche de gasolina tampoco son muy evidentes, siendo incluso en algunos casos la opción eléctrica la más barata durante todos los años.

Para poder comprobar si esto se mantiene incluso sin la financiación se ha calculado el precio para el caso del Peugeot y el Renault, pese a que, como ya se ha explicado, la compra de un coche sin financiación es muy poco frecuente.



También acaba siendo el precio del coche de gasolina mucho mayor, pese a tener una inversión inicial mucho más pequeña. El coche eléctrico empieza a ser más rentable a partir del año y medio aproximadamente.

Por último, las **emisiones** de gases para cada caso:

Emisiones anuales kgCO ₂ e/año				
recarga doméstica con placas	0	0	0	0
puesto doméstica sin placas	631,04	631,04	658,65	611,32
puesto de recarga pública	704,48	704,48	735,30	682,47
	Renault	Citroën	Volkswagen	Mercedes

Emisiones anuales kgCO ₂ e	2422,976	2195,822	2877,284	2763,707
	Peugeot	Citroën	Mazda	BMW

La diferencia de las emisiones es evidentemente grande para cualquier caso de los eléctricos comparada con las emisiones de los de combustión. La diferencia está por encima de los 1000kgCO₂eq/año para cualquier comparación de modelos. Si estos números los multiplicamos por los miles de coches nuevos que se matriculan cada año, las emisiones empiezan a tener dimensiones muy grandes y perjudiciales.

En cuanto a las diferencias entre los distintos casos del coche eléctrico, la mejor opción de cara al medio ambiente siempre va a ser la de instalar unas placas solares. En un país como España, con unas condiciones climáticas tan favorables para la producción de esta energía, es un

recurso muy poco explotado en las ciudades y en los tejados de las viviendas. Toda la energía será totalmente limpia y completamente libre de emisiones. Por lo tanto, este sería el modelo a seguir si Europa quiere conseguir el objetivo 55 y ser climáticamente neutra en el 2050.

12. Conclusiones

Infraestructura de red eléctrica y de puntos de recarga

La escasa extensión actual de los puntos de recarga hace que en España la conducción de un vehículo eléctrico se presente algo complicada, dada también la poca disponibilidad de la población para tener un punto de carga doméstico. Además, los puntos de recarga están muy poco extendidos en las autopistas por lo que en viajes largos es aún menos viable la movilidad eléctrica. Para la mejora y adecuación de la infraestructura, necesaria para un despegue claro de tendencia en la transición a la movilidad eléctrica, aparecen las siguientes necesidades y requerimientos:

- Fuerte implicación de las administraciones públicas, administraciones locales, ayuntamientos... Para crear una infraestructura pública de recarga.
- Empresas privadas que instalen su propia infraestructura de recarga.
- Colaboración de empresas eléctricas, facilitando asistencia técnica para la instalación de puntos de recarga en lugares públicos y privados.
- Otras empresas: en este ámbito se deberían considerar los apoyos **de empresas de financiación de vehículos (renting, leasing, Guía del Vehículo Eléctrico etc.)**, empresas de seguros del automóvil, clubes de conductores e instituciones de homologación de vehículos.

Por otro lado, de cara a la introducción masiva del vehículo eléctrico, existen fuertes y complejos retos a considerar:

- La mejora de la tecnología de las baterías para asegurar mayor densidad energética, durabilidad, seguridad y menor coste-disminución de riesgo tecnológico.
- El desarrollo y mejora de la infraestructura, fundamentalmente para garantizar la disponibilidad de suficientes puntos de recarga rápidos y super rápidos
- La disminución del diferencial de costes del vehículo eléctrico con respecto al vehículo convencional
- Desarrollo de una mayor gama de vehículos disponible para todos los perfiles de usuarios.

Compra del coche eléctrico

Se ha comprobado que, con todas las subvenciones disponibles hoy en día, la adquisición de un vehículo acaba teniendo un precio mucho menor a largo plazo, pese a tener precios iniciales más caros que los modelos homólogos de combustible. El menor mantenimiento, así como ventajas fiscales y el ahorro del combustible son factores que favorecen a la movilidad eléctrica. Además, existen también diferentes alternativas que hacen más barato aún el cambio, como la instalación de un punto de recarga en el garaje o la instalación de placas solares.

El precio del combustible hace que un llenar un depósito de gasolina esté entre los 50-80€, dependiendo de la capacidad. El poco rendimiento de estos motores frente a los eléctricos hace que sea necesario gastar mucha más energía para recorrer el mismo trayecto a la misma velocidad.

A esto se ha de añadir que el uso de la carga doméstica acompañado de un cargador inteligente para programar las cargas permite aprovechar las tarifas de las horas valle, las cuales son muy bajas. El resultado es un coste de unos 200 o 300€ al año en electricidad para usar el coche frente a 50-80 € que cuesta cada depósito al mes (siendo muy conservadores).

Por tanto, si la opción del cambio de vehículo se presenta, el precio no deberá ser un inconveniente que empuje la balanza a los de combustión. En 2050 todos los vehículos nuevos disponibles serán o eléctricos o de pila de combustible. Por lo que, si se puede empezar a ahorrar desde ya, ¿por qué no hacer el cambio antes?

Emisiones

Otro aspecto en el que resultan vencedores los eléctricos son en la contaminación de la atmósfera. Con los valores de los factores de emisión se ve rápidamente que cuanto más energía proveniente de fuentes renovables se produzca, menos gases se emitirán a la atmósfera y más respetuoso será el transporte. El uso de vehículos eléctricos permite introducir las fuentes de energía renovables, de manera que, si por ejemplo se empieza a extender el uso de las placas solares en los tejados de las ciudades, las centrales térmicas o de carbón no se verán afectadas por el aumento de demanda y la energía producida por las placas hará que la movilidad sea completamente libre de emisiones. Aun así, el uso del coche eléctrico sin placas solares siempre será mucho más beneficioso para el ambiente de las ciudades que el uso de motores de combustión.

13. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

Se indicará con qué ODSs se alinea el proyecto, indicando su contribución a los mismos

11. Ciudades y Comunidades sostenibles. La meta número 11.6 dice: “De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.”

El estudio va encaminado a apoyar la movilidad eléctrica, haciendo así que se pueda reducir las emisiones dentro de las ciudades, ya que éstas representan el 70% de las emisiones de carbono mundiales. Si se consiguiese eliminar los motores de combustión dentro de las ciudades se reducirían considerablemente las emisiones mejorando la calidad del aire y la atmósfera y reduciendo la contaminación.

También hay relación con el ODS número 7: energía asequible y no contaminante. Los motores eléctricos usan la electricidad como fuente de energía, consiguiendo 0 emisiones (sin contar con las que se han producido para generar la electricidad para cargar las baterías) a la vez que cuentan con una mayor eficiencia ya que los coches eléctricos tienen mucho mejor rendimiento que los de combustión, llegando incluso a valores cercanos al 90-95%. El proyecto se alinea con la meta número 7a, la cual dice: “De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.”

ODS 13: Acción por el clima. Se estudiará el impacto medioambiental que tienen los coches eléctricos frente a los de combustión. El proyecto busca promover y facilitar el cambio de movilidad desde la base de la mejora de las condiciones del aire en las ciudades.

“Dada la actual concentración y las continuas emisiones de gases de efecto invernadero, es probable que a finales de siglo el incremento de la temperatura mundial supere los 1,5 grados centígrados en comparación con el período comprendido entre 1850 y 1900 en todos los escenarios menos en uno.” El principal motivo de la movilidad eléctrica es reducir las emisiones al sustituir los motores de combustión.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

14. Bibliografía

Páginas WEB consultadas

<https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/4-1-por-que-el-vehiculo-electrico/>

Historia coche eléctrico:

- Artículo "Historia de los coches eléctricos". www.motorpasion.com
- Artículo "El vehículo eléctrico, un viaje de más de 200 años de historia". www.iberdrola.com
- Artículo "Cómo son las baterías de los coches eléctricos" www.race.es
- "Fundamentos de Máquinas Eléctricas Rotativas", D. Fidel Fernández Bernal
- Ilustración 3: www.soymotor.com
- Artículo "LOS TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS: TODA LA INFORMACIÓN", www.gesthispania.com
- Artículo "Un coche eléctrico de Formula Student bate el récord mundial del 0-100 km/h" www.hibridosyelectricos.com
- Artículo "La entrega de par: Motores de combustión vs. motores eléctricos ¿Quién gana y por qué?" www.autonocion.com
- Ilustraciones 6, 7: www.e-motobike.es, cdn.grupoelcorteingles.es, www.solorueda.com, www.bubbaelectric.com.
- Artículo "¿Qué efectos para tu salud tiene la contaminación del aire?", www.toyota.es
- Emisiones de CO2 (kt) - European Union, BANCO MUNDIAL, www.datos.bancomundial.org
- Artículo "Emisiones de CO2 de los coches: hechos y cifras" www.europarl.europa.eu
- Artículo "Descripción general de los gases de efecto invernadero", EPA
- Ilustración 9: elDiario.es
- Tabla 10: es.statista.com, "Evolución anual del número de automóviles matriculados en la Comunidad de Madrid entre 2011 y 2021".
- Ilustración 11. Fuente: interfaz de datos de MNUCC, europarl.eu
- SINIA: Sistema nacional de Información Ambiental

- Inventario Nacional De Emisiones a la Atmósfera
- Factores de Emisión
- GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN www.miteco.gob.es

- Red Eléctrica de España. www.ree.es
- PROGRAMA MOVES III. IDAE

- Objetivo 55: ¿por qué endurece la UE las normas sobre las emisiones de CO₂ de turismos y furgonetas?
- Objetivo 55
Parlamento Europeo. www.consilium.europa.eu

- Artículo "El régimen de comercio de derechos de emisión de la UE y su reforma" www.europarl.europa.eu

- ONU. www.unfccc.int
- Informe “Estudio sobre el despliegue de la infraestructura de carga del vehículo eléctrico en España” www.ecodes.org
- Informe “BARÓMETRO DE LA ELECTROMOVILIDAD” www.anfac.com
- “Vehículo eléctrico: cuestiones a plantear”. www.ree.es
- Boletín Oficial del Estado, www.boe.es
- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
- Smart grid: “ ¿Qué son las Smartgrid?” www.ree.es
- Artículo “ Vehicle to Grid (V2G) Technology” innovationatwork.ieee.org
- Precio de la luz: www.tarifaluzhora.es
- Gráficos de la Evolución Precio de la luz y del combustible www.datosmacro.expansion.com
- Artículo “Cuánto cuesta cargar un coche eléctrico con las tarifas de la luz que hay en España en 2022” www.motorpasion.com
- Artículo “ ¿Cuánto gastamos los españoles al mes en aparcar?” www.20minutos.es

Anexos

Factores de emisión en CO2e (kgCO2e/ud)

		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Gasolina (l)	Turismos (M1)	2,384	2,383	2,382	2,374	2,283	2,277	2,282	2,281	2,280	2,269	2,252	2,227	-	-	-	
	Furgonetas y furgones (N1)	2,390	2,390	2,389	2,388	2,297	2,293	2,296	2,296	2,296	2,287	2,271	2,247	-	-	-	
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	2,371	2,371	2,371	2,371	2,280	2,276	2,280	2,279	2,280	2,271	2,254	2,230	-	-	-	
	Ciclomotores y motocicletas (L)	2,483	2,474	2,469	2,466	2,374	2,368	2,372	2,371	2,373	2,363	2,346	2,323	-	-	-	
E5 (l)	Turismos (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,251	2,251	2,250
	Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,270	2,270	2,266
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,254	2,254	2,254
	Ciclomotores y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,345	2,344	2,343
E10 (l)	Turismos (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,133	2,133	2,132
	Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,152	2,152	2,148
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,136	2,136	2,136
	Ciclomotores y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,228	2,227	2,226
E85 (l)	Turismos (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,373	0,373	0,372
	Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,392	0,392	0,388
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,376	0,376	0,376
	Ciclomotores y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,467	0,466	0,465
E100 (l)	Turismos (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,021	0,021	0,020
	Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,040	0,040	0,036
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,024	0,024	0,024
	Ciclomotores y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,115	0,114	0,113
Gasóleo (l)	Turismos (M1)	2,694	2,694	2,695	2,695	2,545	2,520	2,595	2,593	2,593	2,570	2,544	2,519	-	-	-	
	Furgonetas y furgones (N1)	2,679	2,679	2,679	2,681	2,530	2,506	2,580	2,579	2,579	2,556	2,531	2,506	-	-	-	
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	2,675	2,675	2,676	2,678	2,529	2,504	2,579	2,579	2,579	2,559	2,535	2,511	-	-	-	
B7 (l)	Turismos (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,520	2,520	2,520
	Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,506	2,506	2,506
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,514	2,515	2,517

FACTORES DE MIX ELÉCTRICO DE LAS COMERCIALIZADORAS EN EL AÑO 2021

Fuente: CNMC (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia)

COMERCIALIZADORA	KG CO ₂ E/KWH
ACCIONA GREEN ENERGY DEVELOPMENTS SL	0,000
ADEINNOVA ENERGIA S.L	0,259
ADEFAS ENERGIA SL	0,000
AB ENERGÍA 1903, S.L.	0,259
ALDRO ENERGÍA Y SOLUCIONES, S.L.U.	0,000
ALPIQ ENERGIA ESPAÑA SAU	0,259
ARACAN ENERGIA S.L.	0,258
ARSUS ENERGIA, S.L	0,259
ATLAS ENERGIA COMERCIAL, S.L.	0,258
AUDAX RENOVABLES, S.A	0,000
AVANZALIA ENERGIA COMERCIALIZADORA SA	0,207
AXPO IBERIA S.L.	0,168
BIROU GAS S.L.	0,258
BP GAS EUROPE SA	0,000
CEPSA GAS Y ELECTRICIDAD, S.A.U.	0,131
CIDE HCENERGÍA S.A.U	0,259
COMERCIALIZADORA ELECTRICA PENINSULAR S.L.	0,256
DISA ENERGIA ELECTRICA S.L.	0,000
DREUE ELECTRIC, S.L.U	0,254
ECOLUZ ENERGIA, SL	0,259
EDP CLIENTES SAU	0,253
EDP ESPAÑA, S.A	0,259
ELECTIAPLUS COMERCIALIZADORA DE ENERGIA S.L.U	0,258
ELECTRA NORTE ENERGÍA, S.A.	0,247
ELECTRICA DE GUIXES ENERGIA, SL	0,255
ELECTRICA SEROSENSE, S.L.	0,249
ELECTRICIDAD ELEIA S.L.	0,259
EMPRESA DE ALUMBRADO ELECTRICO DE CEUTA, S.A.	0,234
ENDESA ENERGÍA RENOVABLE, S.L.	0,000
ENDESA ENERGÍA S.A.U.	0,258

COMERCIALIZADORA	KG CO₂E/KWH
ENERCOLUZ ENERGIA SL	0,255
ENERGIA DLR COMERCIALIZADORA, SL	0,259
ENERGIA NUFRI SL	0,237
ENERGIA VIVA SPAIN, S.L.	0,119
ENERGY BY COGEN S.L.U.	0,259
ENERGY STROM XXI SL	0,000
ENERGYA VM GESTION DE ENERGÍA, S.L	0,258
ENERXIA GALEGA MAIS SLU	0,258
ENGIE ESPAÑA, S.L	0,255
ENSTROGA, S.L.	0,225
ESTRATEGIAS ELÉCTRICAS INTEGRALES, S.A.	0,259
FACTOR ENERGÍA ESPAÑA, S.A.	0,251
FACTOR ENERGÍA, S.A.	0,215
FENIE ENERGIA SA	0,000
FOENER ENERGÍA, S.L	0,241
FORTIA ENERGIA S.L.	0,259
GALP ENERGÍA ESPAÑA, S.A.U.	0,256
GAS NATURAL COMERCIALIZADORA SA	0,254
GASELEC DIVERSIFICACIÓN S.L.	0,259
GERENTA ENERGÍA, S.L.U.	0,000
GESTERNOVA, S.A	0,000
GLOBELIGHT ENERGY S.L	0,259
HIDROELÉCTRICA DEL VALIRA, S.L.	0,000
HOLALUZ-CLIDOM, S.A	0,000
IBERDROLA CLIENTES, S.A.U.	0,232
IBERDROLA SERVICIOS ENERGETICOS, S.A.U.	0,000
INER ENERGIA CASTILLA LA MANCHA SL	0,251
INTEGRACIÓN EUROPEA DE ENERGIA, S.A.U.	0,259
LONJAS TECNOLOGÍA, S.A.	0,211
LUZÍA ENERGÍA, S.L	0,000
MY ENERGIA ONER S.L	0,259
NATURGY IBERIA, S.A.	0,259
NEOELECTRA ENERGÍA, S.L.U.	0,254
NEXUS ENERGIA SA	0,000
OCTOPUS ENERGY ESPAÑA, S.L.U.	0,256
ON DEMAND FACILITIES, SLU	0,180
PETRONIEVES ENERGIA 1, S.L.	0,259
POTENZIA COMERCIALIZADORA SL	0,259
RECICLAJES ECOLOGICOS NAGINI, S.L.	0,259

Comercializadora	kg CO2e/kWh
RENEWABLE VENTURES SLU	0,259
REPSOL COMERCIALIZADORA DE ELECTRICIDAD Y GAS, S.L.U	0,000
ROFEICA ENERGIA, S.A	0,259
RONDA OESTE ENERGÍA, S.L	0,259
SAMPOL INGENIERIA Y OBRAS SA	0,252
SERVIGAS S XXI SA	0,254
SHELL ESPAÑA, S.A	0,259
SIMPLES ENERGIA DE ESPAÑA, S.L.	0,259
SISTEMAS URBANOS DE ENERGÍAS RENOVABLES S.L.	0,258
SYDER COMERCIALIZADORA VERDE SL	0,201
TELECOR S.A. UNIPERSONAL	0,000
TELFÓNICA SOLUCIONES DE INFORMÁTICA Y COMUNICACIONES DE ESPAÑA, S.A.U	0,000
THE YELLOW ENERGY, S.L	0,259
TOTALENERGIES CLIENTES S.A.U.	0,259
TOTALENERGIES ELECTRICIDAD Y GAS ESPAÑA, S.A.U.	0,259
TOTALENERGIES MERCADO ESPAÑA, S.A.U	0,233
TU COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA LUZ, DOS, TRES, S.L.	0,000
VILLAR MIR ENERGÍA,S.L	0,259
VISALIA ENERGIA S.L.	0,258
WATIO WHOLESALE, S.L	0,259
WATIUM, S.L.	0,259
WIND TO MARKET S.A	0,259
Comercializadoras sin GdO	0,259