

## **HORIZONTE 2035. ¿UTOPIÍA O REALIDAD?**

Javier Zújar Pérez

jzujar@uoc.edu

Fecha: 11 de junio de 2023

**Directora del Trabajo:** Sra. Almudena Muñoz Puche

**Trabajo Final de Grado**

**Ámbito de especialización:** Competitividad y crecimiento.

**Memoria final**

---

**Curso 2022-2023, semestre 2**

## Índice

Glosario.....	4
HORIZONTE 2035. ¿UTOPÍA O REALIDAD?.....	5
Resumen.....	5
Abstract.....	6
Introducción.....	8
Justificación.....	9
Objetivo y alcance.....	10
1 CONTEXTO. PROHIBICIÓN VEHÍCULOS DE COMBUSTIÓN EN 2035 EN EUROPA.....	11
1.1. Situación y previsión mercado Vehículos Eléctricos de Baterías (VEB).....	12
1.2. Situación y previsión mercado cargadores eléctricos de acceso público.....	12
1.2.1. Objetivos 2035.....	13
1.3. Esquema de producción energético.....	15
1.4. Subvenciones actuales.....	16
2. Metodología.....	17
3. Vehículos Eléctricos de Baterías (VEB).....	18
3.1. Previsión matriculaciones vehículos eléctricos (VEB+PHEV+EREV).....	19
3.2. Parque móvil electrificado en 2035.....	20
3.3. Conclusión.....	21
4. Cargadores eléctricos.....	22
4.1. Tipos de cargadores.....	22
4.2. Cargadores eléctricos en España.....	24
4.3. Inversión necesaria en España.....	27
4.4. Conclusión.....	28
5. Red eléctrica. Transporte y gestión del flujo eléctrico.....	29
5.1. Incremento de la demanda eléctrica.....	30
5.2. Inversiones necesarias e innovaciones.....	32
5.3. Conclusiones.....	33
6. Producción de energía.....	34

6.1. Descarbonización del sistema eléctrico. ....	34
6.2. Inversión prevista PNIEC 2021-2030 .....	35
6.3. Conclusión .....	35
7. Subvenciones. ....	36
7.1. Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica del Vehículo Eléctrico y Conectado (PERTE VEC).....	36
7.2. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030). ....	37
7.3. Conclusiones .....	38
Implicaciones éticas y/o sociales. ....	39
Conclusiones. ....	40
Vinculación del trabajo a uno o más ODS.....	42
Valoración.....	43
Autoevaluación. ....	44
Referencias bibliográficas. ....	44

## Glosario.

**Plan MOVES III:** Se trata de la tercera edición del programa de ayudas en España para la adquisición de un vehículo eléctrico, así como los puntos de recarga necesarios. La tercera edición del plan tiene asignado un presupuesto de 400 millones ampliable a 800 millones.

**Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030:** Es el instrumento de planificación propuesto por el gobierno de España para adaptar las políticas energéticas y climáticas a los requerimientos de la Unión Europea, energías renovables, reducción gases contaminantes y eficiencia energética.

**Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica en el sector del Vehículo Eléctrico y Conectado (PERTE VEC):** Proyecto gubernamental que tiene como objetivo crear en España el ecosistema necesario para el desarrollo y fabricación del vehículo eléctrico conectado.

**Transformador Eléctrico:** Dispositivo estático de corriente alterna que regula el flujo eléctrico para mantener estable la frecuencia y la potencia.

**Vehículo Eléctrico (VE):** Vehículo que obtiene parte a la totalidad de la energía para desplazarse a través de uno o varios motores eléctricos.

**Vehículo Eléctrico Autonomía Extendida (E-REV):** Son coches eléctricos de baterías que disponen de un pequeño motor de combustión cuya única finalidad es recargar el motor eléctrico para incrementar la autonomía.

**Vehículo Eléctrico de Baterías (VEB):** Vehículo que se impulsa gracias a uno o más motores eléctricos y obtiene su energía exclusivamente de una o más baterías. Se deben recargar mediante cargadores eléctricos.

**Vehículo Eléctrico de Pila de Combustible (FCEV):** Se trata de vehículos impulsados por uno o más motores eléctricos, pero a diferencia de los eléctricos con baterías, estos obtienen la electricidad gracias a la reacción del oxígeno con el hidrógeno mediante una pila de combustible. No produce emisiones, pero necesita recargar de hidrógeno su tanque de combustible para poder funcionar.

**Vehicle-2-Everything (V2X):** Tecnología aún en estado embrionario, se trata de la interconexión total del vehículo con el resto de los vehículos, usuarios y entorno para hacer la conducción más segura y eficiente, pudiendo germinar finalmente en la conducción autónoma e interconectada. Juegan un papel clave las redes wifi, 5G, y las nuevas tecnologías de sensores y GPS.

**Vehicle-2-Grid (V2G):** Tecnología que permite el flujo eléctrico bidireccional desde la batería del vehículo eléctrico hacia la red eléctrica, posibilitando otros usos de la batería además del de impulsar el vehículo (suministrar energía al hogar, vender energía sobrante cuando es más cara...).

**Vehículo Híbrido Enchufable (PHEV):** Se impulsan utilizando tanto uno o varios motores eléctricos y baterías, y un pequeño motor de gasolina que también puede mover el vehículo a la vez que puede recargar las baterías del motor eléctrico. Pueden circular mediante el motor eléctrico hasta unos 120-130 km/h durante unos 40 km y se pueden recargar conectándolos a un cargador.

## HORIZONTE 2035. ¿UTOPIA O REALIDAD?

Javier, Zújar Pérez ([jzujar@uoc.edu](mailto:jzujar@uoc.edu))

Grado de Economía, Competitividad y Crecimiento.

### Resumen.

En el presente trabajo se analizarán por separado, los diferentes elementos fundamentales afectados por la transición del transporte por carretera, fundamentalmente hacia el vehículo eléctrico, desde el punto de vista de la demanda. Se hará en base a la pregunta de si es posible una transición tan amplia en tan poco tiempo teniendo en cuenta la prohibición de vender vehículos contaminantes en 2035 aprobada por la Comisión Europea. Para su confección este trabajo se ha nutrido de diversos estudios realizados por organismos gubernamentales, no gubernamentales, empresas y organizaciones privadas.

Se analizará la cantidad de vehículos eléctricos esperados y necesarios, la cantidad de cargadores que se necesitarán acorde al número de vehículos eléctricos, la sobrecarga a la que se verá sometida la red y que actuaciones sobre el sistema se harán necesarias, como afectará la producción energética la mayor demanda de electricidad por parte de estos vehículos y las subvenciones proyectadas para fomentar la transición hacia el parque móvil electrificado.

Como se podrá ver, la prohibición de los vehículos contaminantes en 2035 y por tanto la transición a vehículos de 0 emisiones (con el protagonismo enfocado en los eléctricos de baterías) no es una utopía, pero sí una apuesta arriesgada, pues se trata de comprometer una gran cantidad de recursos y tiempo, tanto desde el sector privado como el público. Si la apuesta por el vehículo eléctrico fracasara, supondría un coste de oportunidad enorme ya que se habría dejado de lado el desarrollo de alternativas para reducir las emisiones totales generadas por el parque móvil español.

### Palabras clave:

Vehículos eléctricos, Baterías, Cargadores eléctricos, Transición energética, PERTE VEC, Objetivo 55, Agenda 2030, Vehículos combustión, 2035, Energías renovables.

### ODS:

- ODS 7. Energía asequible y no contaminante
- ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras
- ODS 13. Acción por el clima

## Abstract.

In this paper, the main aspects about the transition of road transportation towards the electric vehicle, affected by the 2035 ban of selling pollutant vehicles approved by the European Commission, are going to be analysed. This analysis is going to be conducted from the point of view of the demand. The question to be answered is if its possible to achieve such a huge transition in this short period of time, considering the time we have, the actual situation and the investment needed. The information provided to conduct this paper comes mostly from studies carried from government and non-government organisations, private sector and big companies affected or related to the elements involved.

The number of expected and necessary electric vehicles, electric chargers, electrical grid overload, electricity production and projected government grants are going to be analysed.

As expressed in this paper conclusions, the European Commission pollutant vehicles ban by 2035 and transition towards non pollutant vehicles (focused on battery electric vehicles), is not a utopia, but a very risky bet, because it means to compromise a large amount of resources (public and private) and time. If this bet fails, it will mean a huge opportunity cost because this time and resources will not have been placed in other alternative investments to achieve the 0 emissions goal in road transportation.

### Keywords:

Batteries, Electric Vehicle, Electric chargers, Energy transition, PERTE VEC, Goal 55, 2030 Agenda, 2035, Renewable energies.

### SDG:

- SDG 7. Affordable and clean energy.
- SDG 9. Industry, innovation, and infrastructure.
- SDG 13. Climate action.

## AUTORIZACIÓN DEL DEPÓSITO DEL TRABAJO FINAL POR PARTE DEL DIRECTOR/A DEL TRABAJO

Nombre y apellidos de la Directora: Almudena Muñoz Puche

Nombre y apellidos del estudiante: Javier Zújar Pérez

Título del trabajo final: Horizonte 2035. ¿Utopía o Realidad?

Por medio de la presente, yo, **Almudena Muñoz Puche**, autorizo al estudiante **Javier Zújar Pérez** a depositar su trabajo final de grado titulado **Horizonte 2035. ¿Utopía o Realidad?**, para su evaluación por el comité de evaluación.

Fecha: 10/06/2023

Firma de la directora: \_\_\_\_\_

## Introducción.

La forma en como la humanidad obtiene y transforma los recursos desde el principio de los tiempos nos ha llevado a un punto en la actualidad en que hemos sobrepasado con creces la capacidad del propio planeta para soportar nuestra actividad tal y como la conocemos. (Quizá la teoría Malthusiana, que sostenía que la vida humana no sería sostenible en el futuro debido a la progresión geométrica del crecimiento de la población, aunque él únicamente se refiriera al sustento humano (Roldán, 2020), no iba tan desencaminada).

También la forma en cómo nos transportamos tanto personas como mercancías ha incrementado notablemente el estrés al que sometemos el planeta.

Actualmente la humanidad se encuentra en una encrucijada. No solo para garantizar el nivel de vida y progreso actual y futuro, sino también para mantener la salud medioambiental del planeta (conceptos muy estrechamente relacionados).

Para que la actividad humana sea sostenible, se tendría que, o bien reducir drásticamente la población global (hasta el punto en que el planeta fuera capaz de regenerar los recursos consumidos, y a la vez soportar los deshechos de la actividad humana) o bien dar una nueva serie de saltos tecnológicos que permitan la coexistencia del progreso y la sostenibilidad. Uno de estos saltos tecnológicos que está cobrando importancia actualmente es el auge de los llamados “motores limpios” (eléctricos y de hidrógeno mayoritariamente) que deberían substituir a los de combustión en un futuro próximo.

Las emisiones globales de gases contaminantes emitidos entre 2019 y 2021 por este tipo de motores empleados en el transporte (aéreo, marítimo, carretera, etc.) suponen aproximadamente un 20% de las emisiones globales de gases de efectos invernadero (Statista Research Department, 2023). Dentro de este mismo 20%, con datos de 2019, un 71,7% de las emisiones de gases generadas en la Unión Europea tenían origen en los motores de combustión interna empleados en el **transporte por carretera**, coches (60,6%), camiones pesados (27,1%), camiones ligeros (11%) y motocicletas (1,3%) (Parlamento Europeo, 2019).

De la importancia del peso en las emisiones del transporte en carretera, han derivado una serie de políticas públicas para acelerar la transición desde los motores de combustión tradicionales a motores alternativos, fundamentalmente los vehículos con motores eléctricos alimentados por baterías (VEB).

Realizar esta transición de manera acelerada tendrá un gran impacto sobre la sociedad a todos los niveles, ya que el transporte (mercancías y personas) es la base sobre la que se sustenta la sociedad moderna, y requiere de ingentes cantidades de inversión en infraestructuras que solo se amortizarían décadas después.

La transición al vehículo eléctrico implicará un gran volumen de inversión no solo privada, sino también pública (ayudas, actualización infraestructuras, cargadores...).

Por último, las agendas políticas internacionales de la Unión Europea sitúan un marco temporal de 12 años para realizar esta transición (prohibición vehículos combustión en la UE para 2035) (Parlamento Europeo, 2023). Marco temporal muy reducido para semejante transición tecnológica y que ha suscitado numerosas críticas y escepticismo sobre la posibilidad de conseguir dichos objetivos. Parte importante de las críticas van dirigidas hacia la dificultad de disponer de una infraestructura adecuada que soporte el volumen de VEBs que se espera, así como la apuesta casi unilateral hacia el VEB, dejando prácticamente de lado las alternativas.

Se tratarán estas cuestiones en el presente Trabajo de Fin de Grado.



## Justificación.

Respecto a la adopción del motor eléctrico como método de propulsión mayoritario, se están realizando numerosos estudios que determinan que conforme el uso del VEB se vaya generalizando, se irá exponiendo cada vez más la red eléctrica a sobrecargas, especialmente por la noche cuando se espera que la mayor parte de la población se encuentre cargando el coche. Esta circunstancia obligará a ir actualizando la red eléctrica conforme se vaya adoptando el VEB, a la vez que se incrementa el suministro (la producción eléctrica).

También se habla de las tecnologías V2G (Vehicle-to-Grid) y V2X (Vehicle-to-Everything) que pretenden convertir la debilidad del VEB en su principal baza. Se trata de establecer flujos eléctricos bidireccionales mientras se cargan los VEB, permitiendo almacenar energía cuando es barata y verterla de nuevo en la red (o utilizarla para alimentar el hogar) cuando su precio es más elevado (y por tanto hay más escasez) suponiendo una fuente de ingresos o ahorro para el propietario de ese vehículo. Esta tecnología permitiría equilibrar las sobrecargas en la red, a la vez que serviría como una gran red de baterías de almacenamiento de energía, lo que podría mejorar enormemente el problema de la intermitencia de las energías renovables. Otro aspecto que se quiere potenciar es del coche inteligente, que se comunicará con el entorno para hacer la conducción más segura y eficiente, y sería el precursor del coche autónomo.

**Pero ¿es todo esto factible? ¿Qué volumen de inversión sería necesario? ¿Se puede conseguir en el marco temporal que marcan las agendas internacionales?**

La relevancia de este trabajo se justifica en la importancia de adoptar una visión global de los costes y costes de oportunidad a los que nos sometemos al adoptar la transición al vehículo eléctrico, así como conocer el progreso actual y que será necesario de aquí a 2035 para conseguirla. Del éxito de esta transformación depende conseguir un sistema de movilidad sostenible, que, de fracasar, supondría la pérdida de gran cantidad de recursos tanto privados como públicos y un valioso tiempo (coste de oportunidad), en una carrera contrarreloj contra el cambio climático.

He escogido este tema para tratar de aportar información útil al debate actual acerca de la idoneidad de la adopción del motor eléctrico frente a otras alternativas. El VEB tiene tanto partidarios como detractores, ambos con buenos motivos para serlo. Espero mediante este trabajo aportar información útil y objetiva acerca de los costes de transición hacia el VEB, a la vez que realizo un proceso de aprendizaje.

## Objetivo y alcance.

Teniendo en cuenta el contexto actual y las inversiones realizadas por organismos públicos y privados, así como el sector automovilístico, la transición al VEB es una realidad. Bajo ese marco, el **objetivo principal de la presente investigación** es dar perspectiva, así como una visión objetiva acerca de los recursos y tiempo necesarios para adaptar la infraestructura al uso del motor eléctrico de manera generalizada en España, y, por tanto, la viabilidad de esta transición tecnológica en el marco temporal establecido por las agendas europeas.

En consecuencia, el análisis integrado en esta investigación se centrará en los costes en infraestructuras a fin de tratar de responder a la siguiente pregunta de investigación:

¿Es realista el objetivo de prohibir vehículos que generen emisiones contaminantes para 2035 (Parlamento Europeo, Objetivo 55) impuesto por la agenda europea, teniendo en cuenta los costes y tiempo necesarios para adaptar la infraestructura nacional al nuevo parque móvil?

Para tratar de dar respuesta a esta pregunta, la presente investigación ha definido los siguientes **Objetivos Específicos (OE)**:

OE1. Determinar la infraestructura necesaria para el volumen de vehículos eléctricos en circulación y volumen de desplazamientos esperados.

OE2. Establecer los costes e inversión necesarias, así como un marco temporal realista en base a datos objetivos, para adaptar la infraestructura nacional a la nueva demanda de carga.

OE3. Plantear viabilidad o no viabilidad de la transición con el horizonte temporal en el año 2035 en base a los datos obtenidos.

## 1 CONTEXTO. PROHIBICIÓN VEHÍCULOS DE COMBUSTIÓN EN 2035 EN EUROPA.

Recientemente se aprobó la directiva de la Unión Europea (UE) (Consejo Europeo, 2023b) que prohíbe la producción y venta de vehículos de combustión en la UE a partir de 2035, para forzar una transición fundamentalmente hacia el VEB que se enmarca en el objetivo 0 emisiones de la UE (Consejo Europeo, 2023a). Aunque actualmente algunos países están consiguiendo introducir excepciones en esta prohibición (Onda Cero, 2023), la dirección que la UE está tomando está totalmente definida.

Así las cosas, se trata de una transformación en la forma en como entendemos el transporte muy grande y costosa, que no ha tardado en encontrar una fuerte oposición, que ya era incipiente desde que existen este tipo de vehículos, pero que ha tomado fuerza como oposición a la velocidad y escala en que se está apostando por este tipo de movilidad.

Uno de los mayores retos a los que se enfrenta esta apuesta por los VEBs, es adaptar la infraestructura nacional para ofrecer una estructura de recarga fiable y resiliente, que sea capaz de competir con la fiabilidad y certidumbre que ofrecen los combustibles fósiles.

Esta transformación tiene un carácter transversal, pues se trata de integrar la demanda final de energía de estos vehículos sobre la producción eléctrica ya existente, lo que tiene serias implicaciones como la necesidad de instalar una cantidad enorme de cargadores (domésticos y públicos), adaptar la red eléctrica para que soporte un flujo de demanda mayor, mayores picos de demanda, etc., o la necesidad de producir más energía, la cual debería ser lo más “verde” posible, pues no tendría sentido forzar la implementación del VEB si después se necesita quemar carbón para producir la energía demandada por estos vehículos.

También sería necesario para la rápida adaptación de la infraestructura, unos planes de gobierno y subvenciones fuertes, así como una regulación favorable (en el caso de España la instalación de cargadores públicos se ha visto lastrada por una regulación deficiente, como por ejemplo, trámites burocráticos que retrasan hasta en 15 meses la puesta en funcionamiento de cargadores públicos ya instalados, o el hecho de que no existe una manera cómoda de pagar para cargar el coche, al no poder pagar con tarjeta, sino a través de aplicaciones específicas, por citar algunos ejemplos) (Top Gear, 2023), que haga atractiva la inversión y el desarrollo de nuevas empresas de cargadores (muchas de ellas son “Start-Ups”).

Además, sería preciso establecer una red mínima de cargadores públicos, que ofrezcan al usuario la confianza de que tendrán un cargador cuando lo necesiten, al igual que con las gasolineras tradicionales.

Un buen ejemplo sería el plan del gobierno de Estados Unidos (EEUU) (The White House, 2023) que establece, a parte de un paquete de inversión pública de gran calado, una serie de premisas acerca de la cantidad, disponibilidad, calidad y accesibilidad de los cargadores públicos.

### 1.1. Situación y previsión mercado Vehículos Eléctricos de Baterías (VEB).

Las previsiones actuales según la Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC) son que en el año 2035 se deberían matricular en España 1.300.000 VEB para cumplir el objetivo 55 (Consejo Europeo, 2023b) de la UE. Al cierre del año 2022, se deberían haber matriculado 190.000 VEB mientras que la realidad muestra que solo se han matriculado algo menos de 100.000 (ANFAC, 2022 pág-10).



Ilustración 1. Previsión y objetivos VEB.  
Fuente: ANFAC

### 1.2. Situación y previsión mercado cargadores eléctricos de acceso público.

ANFAC también establece que será necesario instalar anualmente 613.000 cargadores de acceso público en 2035 para cumplir el objetivo 55 establecido por el Consejo de la Unión Europea. En 2022 se instalaron 16.565 (ANFAC, 2022 pág-11).

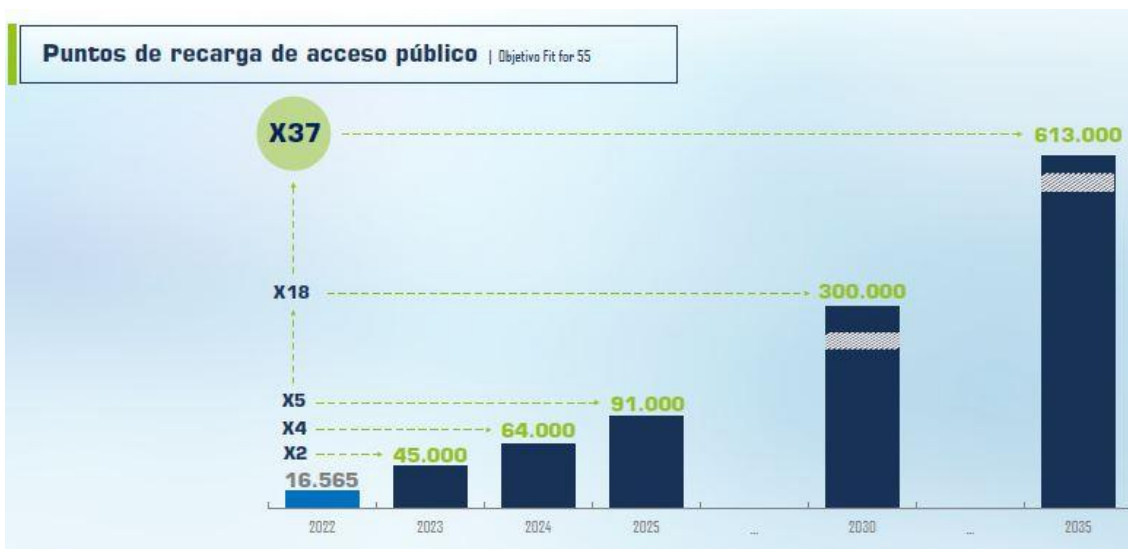


Ilustración 2. Previsión y situación cargadores eléctricos.  
Fuente: ANFAC

### 1.2.1. Objetivos 2035

Según las previsiones de la ANFAC, no se cumplirán los objetivos en cuanto al nivel de matriculaciones de VEBs y cargadores eléctricos necesarios. Es más, la previsión es que de aquí al año 2035, nos iremos alejando cada vez más de los objetivos asumidos para poder cumplir la prohibición de vender coches contaminantes en 2035.

En el año 2022, pese a que se incrementaron las matriculaciones de turismos eléctricos, solo supusieron un 3,76% del total (30544 unidades de un total de 813.396 matriculaciones). Hay tres motivos que actúan como los principales impedimentos a que el consumidor se lance a la adquisición de un VEB (Antena 3 David Villareal, 2023):

- Elevado coste de adquisición, que no se ve compensado por unas ayudas e incentivos demasiado débiles. Plan MOVES III insuficiente y lento (los beneficiarios deben someterse a una serie de trámites y tardan bastante tiempo en recibir la subvención), además de estar sujeto a retenciones. Para las empresas los incentivos tampoco son suficientes.

- Escasa red de recarga pública. En España hay a finales del año 2022 unos 16.565 cargadores públicos, cuando se calcula que son necesarios un total de 45.000 puntos de recarga públicos para dar soporte al parque eléctrico actual. También supone un sobrecoste y burocracia adicional instalar un cargador privado, sobre todo si se quiere instalar en un aparcamiento comunitario en vez de en una casa.

- La autonomía de los VEBs y el tiempo de recarga. Para acceder a autonomías de viaje similares a las que ofrecen los vehículos convencionales, hay que adquirir un VEB de segmento de lujo, y los tiempos de recarga aún son elevados en comparación al tiempo que se tarda en llenar un tanque de gasolina o gasoil, por no mencionar la problemática todavía existente en la gestión de pago de las electrolineras y cargadores públicos.

### 1.1 Situación infraestructura eléctrica.

Según Red Eléctrica de España (REE) en su presentación del VEB de diciembre de 2018, cada millón de vehículos eléctricos supone aproximadamente un 1% de demanda de electricidad en el sistema. Hay un error en la ilustración, son 2,1 GWh por millón de vehículos, ya que la potencia instalada en España actualmente es de 120GWh (REE, 2018).

#### Impacto transición energética

¿Cuál es el impacto sobre la demanda del sistema?



Ilustración 3. Demanda energética VEB.  
Fuente: Red Eléctrica Española (REE)

En el año 2021, según datos extraídos de la Dirección General de Tráfico (DGT), existían unos 34 millones de vehículos (Dirección General de Tráfico, 2022), pero dado que no se convertirán todos en eléctricos en un horizonte cercano (hasta 2050 según el objetivo 55) la red eléctrica tendría tiempo de prepararse. Según un informe conjunto de la consultora EY y la “Union of the Electricity Industry” (EURELECTRIC), la red eléctrica europea podrá soportar el aumento exponencial de VEBs hasta los 130 millones previstos en 2035 sin problema, pero cuando los BEV supongan alrededor de un 50% del parque móvil empezarán a haber sobrecargas en el sistema eléctrico, con gran responsabilidad en los cargadores de carga rápida, por la elevada demanda de energía en poco tiempo (EY-EURELECTRIC, 2022)

Para prevenir estas sobrecargas y preparar el sistema se están realizando grandes inversiones tanto a nivel europeo como nacional para actualizar y mejorar la red eléctrica. Se trabaja en múltiples campos, tanto en la mejora de la infraestructura como en la innovación y desarrollo de nuevas tecnologías de gestión inteligente de la energía, que una vez ejecutadas integrarían el VEB como un sistema de apoyo integrado con las energías renovables, dando respaldo y estabilidad al sistema eléctrico.

En España se ha aprobado una inversión de 7 billones de euros para actualizar la red eléctrica mediante el Plan de Desarrollo de la Red de Transporte de Energía Eléctrica, que se ejecutará en conjunto con la compañía Red Eléctrica Española, y se prevén futuras actuaciones (REE, 2021). Estas inversiones se engloban dentro del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 (MITECO, 2021)

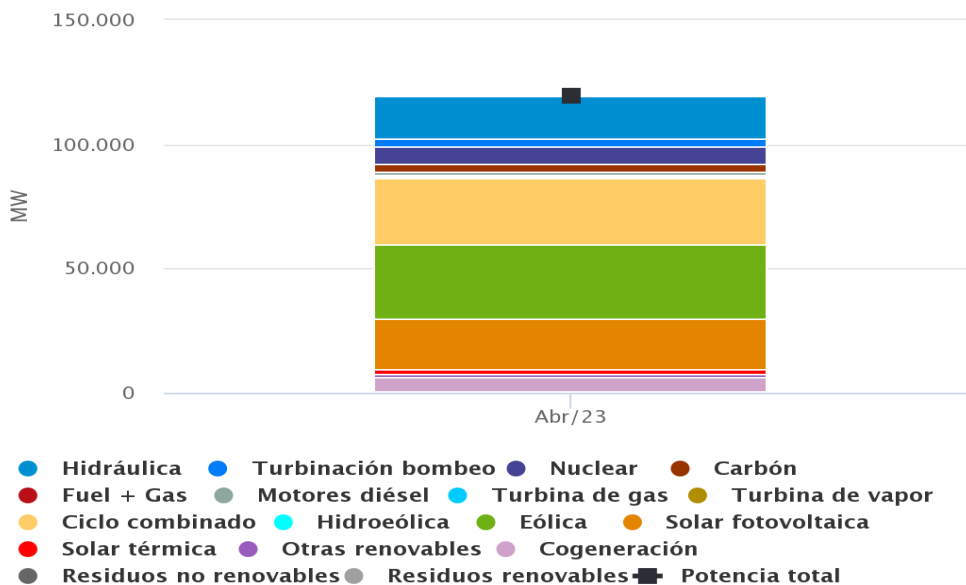


Ilustración 4. Coste de inversión total del plan de desarrollo 2021-2026: red de partida, nuevas actuaciones de refuerzo de las redes nacionales y refuerzos de interconexiones internacionales (Millones de euros).

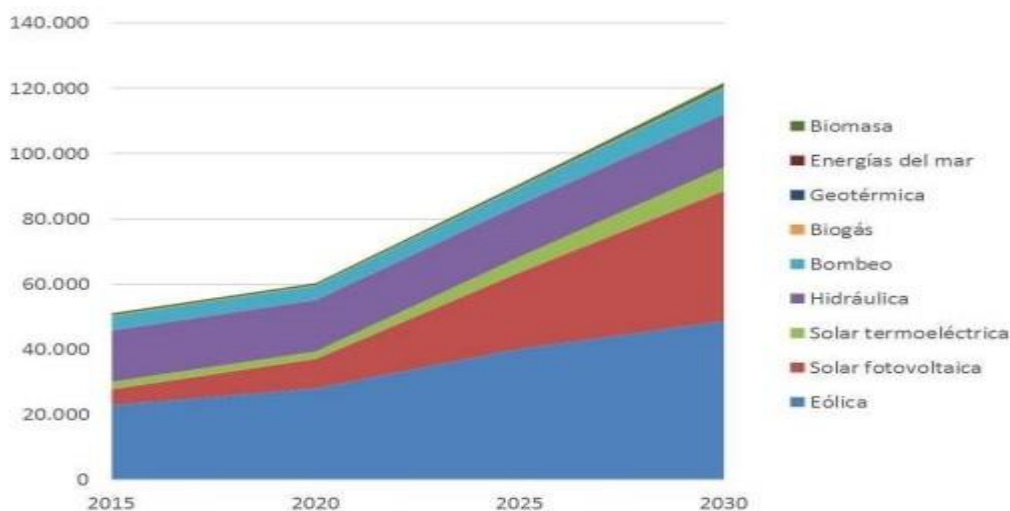
Fuente: Red Eléctrica Española.

### 1.3. Esquema de producción energético.

Actualmente en España un 60% de la potencia instalada proviene de energías renovables, de un total de 120GWh (REE, 2023b).



Para que los VEB tengan sentido, habrá que mejorar el balance de energías renovables en el sistema. Dentro del PNIEC se incluyen inversiones para incrementar la instalación de energías renovables, con el horizonte del año 2030 (PNIEC 2021-2030, 2021 pág-43 apartado 2.1.1)



## 1.4. Subvenciones actuales.

Actualmente el gobierno ha presupuestado un total de 2,07 billones de euros al Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica en el sector del Vehículo Eléctrico y Conectado (PERTE VEC), un 50% de los fondos previstos para este plan (4,3 billones de euros) (Nota de Prensa. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2023).

Estas subvenciones incluyen ayudas en varias líneas de actuación:

- Línea de actuación integral para el desarrollo y la fabricación del Vehículo Eléctrico Conectado (VEC) del Ministerio de Comercio y Turismo. (MINCOTUR). Se trata de un plan integral sobre la cadena de valor industrial que tiene como finalidad la creación del tejido productivo necesario para que se pueda desarrollar de manera integral el VEC en España (MINCOTUR, 2021).
- Plan Tecnológico De Automoción Sostenible a través del Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI). Se trata de una Entidad Pública Empresarial cuya finalidad es canalizar financiación hacia nuevos proyectos I+D+I españoles (CDTI, 2023).
- Programa de incentivos ligados a la movilidad eléctrica Movilidad Eficiente y Sostenible (MOVES III) por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MINTERD). Se trata de la asignación de 400 millones de euros adicionales (se trata de la continuación del programa MOVES II) ampliables a 800 millones de euros a las diferentes Comunidades Autónomas y Ceuta y Melilla, para la concesión de ayudas para la adquisición del vehículo eléctrico o pila de combustible, achatarramiento de vehículos antiguos y instalación de infraestructura de carga (MINTERD, 2023)



## 2. Metodología.

La metodología para llevar a cabo la presente investigación se basará fundamentalmente en la revisión bibliográfica de otros autores, así como del análisis y puesta en contexto de información oficial obtenida a través de los principales órganos tanto gubernamentales como de asociaciones empresariales y grandes empresas del sector.

Para determinar la inversión necesaria para conseguir implantar el VEB de manera satisfactoria en 2035 y así cumplir con el objetivo de la Unión Europea, se ha estructurado el presente trabajo de investigación en varios apartados, que tratarán de manera transversal todos los elementos necesarios para la implantación del VEB. Estos apartados se han estructurado de delante hacia detrás, es decir, desde el propio VEB, pasando por los cargadores eléctricos y sus tipologías, para posteriormente analizar la capacidad de transporte de la energía (líneas eléctricas, transformadores...) para acabar en las plantas productoras de electricidad.

Se evaluará por separado cada segmento y finalmente se responderá a la hipótesis mediante un análisis global. Se tendrá en cuenta la inversión necesaria tanto privada como pública, excluyendo del análisis el propio coste de adquisición del vehículo y la inversión de la industria automotriz en I+D+I y en adaptar las cadenas de valor globales a la producción de este tipo de vehículos.

Se ha decidido excluir del análisis la adquisición del vehículo y la inversión de la industria automotriz por tratarse de factores exógenos al país que se analiza, que es España. La adquisición del vehículo sí que es un coste endógeno, pero al ser un bien substitutivo (se comprarán coches de todas maneras, eléctricos o de gasolina) no se ha creído relevante para el análisis aquí presentado.

### 3. Vehículos Eléctricos de Baterías (VEB).

Los VEBs han cobrado protagonismo hasta erigirse como los principales candidatos para liderar la transición de la movilidad tradicional hacia una movilidad sostenible y neutra en emisiones. Esto es así porque, aunque el precio de adquisición actualmente sea más caro que las alternativas clásicas, su coste total se ve sobradamente compensado durante su vida útil por el coste reducido de su recarga en comparación al repostaje con combustibles fósiles (Parlamento Europeo, 2023) y también por requerir de un mantenimiento menos costoso. Por otra parte, aunque su huella de carbono en su fabricación sea superior a la de los vehículos tradicionales, esta se ve compensada aproximadamente a los 80.000km del vehículo, tomando como referencia el mix energético europeo actual (IBERDROLA, 2021), huella que se compensaría en menos kilómetros con un mix energético con energías menos contaminantes.

Además, se espera que, gracias a las economías de escala y mejoras tecnológicas, su coste y eficiencia en emisiones en su fabricación se reduzca drásticamente. También se espera que puedan ser parte de la solución en la gestión de las energías renovables cuando hay sobreproducción, gracias a tecnologías como la V2G (Vehicle-2-Grid) que permitirían utilizar la red de VEBs como almacenaje de energía que volvería a la red cuando sus usuarios voluntariamente lo decidieran, mayormente cuando la luz es más cara (más demanda) obteniendo así un beneficio que reduciría aun más el coste de transporte de estos usuarios.

Todo apunta a que el VEB es el elegido para liderar la transición del transporte por carretera hacia un nuevo modelo sostenible, pero ¿cuántos VEBs se espera que circulen en España en 2035, si las expectativas son que la UE prohíba la venta de vehículos que produzcan emisiones contaminantes? En la actualidad, existen unos 34 millones de vehículos en España en circulación acorde con los últimos datos publicados en la web del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (Fomento, 2022). Aunque el objetivo no es que para 2035 hayamos substituido todo el parque móvil por nuevos VEBs, sí que deberá existir una parte importante del parque móvil que ya se haya electrificado. Durante este periodo también se esta fomentando la adquisición de vehículos híbridos enchufables (PHEV, Plug-in-Electric-Vehicle) y los vehículos eléctricos de autonomía extendida (EREV, Extended-Range-Electric-Vehicle) que también requieren de infraestructura de carga.

### 3.1. Previsión matriculaciones vehículos eléctricos (VEB+PHEV+EREV)

Para superar el reto de la transición del parque móvil en España, las matriculaciones de eléctricos deberán incrementarse de manera exponencial para cumplir los objetivos establecidos por la UE.

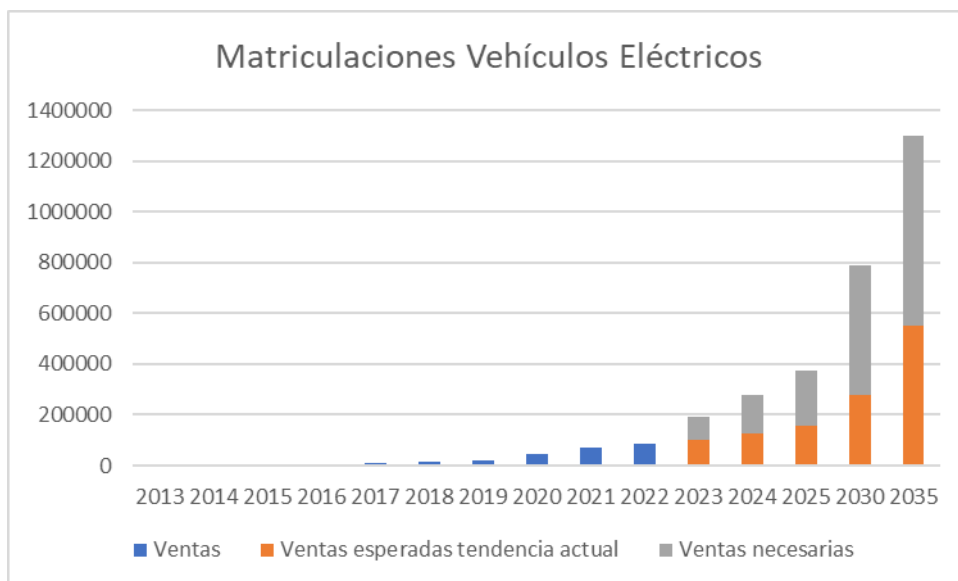


Ilustración 7. Matriculaciones Vehículos eléctricos

Fuente: Elaboración propia con datos de Statista y ANFAC

En el gráfico elaborado a partir de datos de Statista y de la Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC) se muestra la evolución de las ventas de vehículos eléctricos hasta el 2022, la previsión de ventas y las ventas necesarias con horizonte en el año 2035 para cumplir con los objetivos de la UE. Como podemos ver, con la tendencia actual, estos objetivos no solo no se cumplen, sino que la brecha se va incrementando más cada año.

### 3.2. Parque móvil electrificado en 2035.

Si tenemos en cuenta los datos anteriores a modo de inferencia, podemos determinar un escenario pesimista y otro optimista en cuanto al volumen de vehículos eléctricos en circulación en 2035 (nota: se ha inferido el incremento de matriculaciones de manera proporcional entre los años 2025-2030 y 2030-2035):

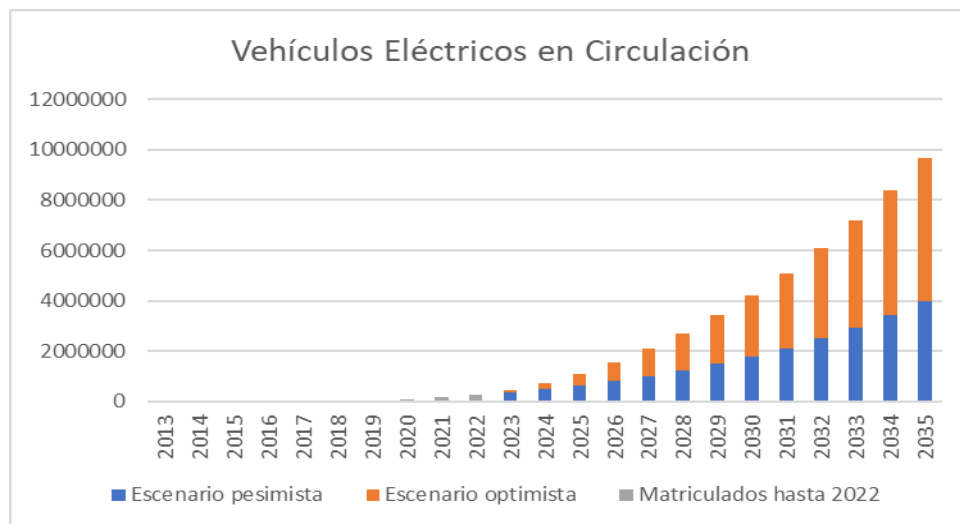


Ilustración 8. Parque móvil eléctrico

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Statista y ANFAC.

Teniendo en cuenta los vehículos eléctricos en circulación ya existentes, y las previsiones arrojadas por la ANFAC, el parque móvil electrificado español alcanzará, en un escenario pesimista unos 4 millones de unidades, y en un escenario optimista unos 9,7 millones de unidades, lo cual supondría entre un 12%-30% aproximado del parque móvil actual, lo cual sería un buen punto de partida a partir del cual se pasaría a la comercialización exclusiva de vehículos no contaminantes.

Otros estudios como el realizado por “Transport & Environment” predicen que habrá entre 2,9 y 3,8 millones de VEBs para 2030 en España (Transport & Environment, 2020) y el PNIEC 2021-2030 del gobierno estima unos 5 millones de VEBs para 2030 en España (MITECO, 2021).

### 3.3. Conclusión

El PNIEC 2021-2030 prevé unos 5 millones de VEBs para 2030, y según la ANFAC habrá unos 4,2 millones de VEBs en un escenario optimista. En el escenario pesimista que es la tendencia actual habría alrededor de 1,8 millones de unidades en 2030, ni la mitad prevista en el PNIEC 2021-2030. Utilizando los datos de previsiones de matriculaciones de la ANFAC, también podemos aproximar que para 2035 habrá en circulación 4 millones de VEBs en el peor de los casos y casi 10 millones de VEBs en el mejor de los escenarios (entre un 12%-30% del parque móvil total).

En cuanto a las matriculaciones, a modo de comparación, en el año 2022 se matricularon un total de 958.813 vehículos (ANFAC, 2023):

Tabla 1: Matriculaciones 2022.

Tipo de vehículo	Matriculaciones 2022
Turismos	813396
Comercial ligero	119506
Industrial y autobuses	25911
Total	958813

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ANFAC.

Se prevé, según ANFAC, que en el año 2023 se deberían matricular 200.000 VEBs para asegurar el objetivo del año 2035, pero con la tendencia actual solo se matricularán 100.000 (un 10% de las matriculaciones totales de 2022). No es hasta el periodo 2030-2035 donde se igualan las matriculaciones de VEBs con las matriculaciones totales de 2022.

De acuerdo con los datos presentados, las previsiones actuales para España son que llegará al año 2035 con una porción importante de vehículos contaminantes en su parque móvil.

## 4. Cargadores eléctricos.

Los cargadores eléctricos son la pieza fundamental en la infraestructura de recarga de los vehículos eléctricos. Esto es así tanto porque es la pieza que enlaza el vehículo con el sistema eléctrico, como por el hecho de que es el eslabón de la cadena de suministro que hay que construir desde cero, por lo que constituirá el coste más elevado de la transición al VEB dejando de lado la adquisición del propio vehículo. Sin cargadores sería imposible recargar las baterías de los vehículos y, por tanto, su utilización (a no ser que apareciera una nueva tecnología revolucionaria).

Hay diversos tipos de cargadores eléctricos, que se adaptan a las diversas necesidades que pueden existir. Podemos distinguir entre cargadores públicos y cargadores privados, que a su vez proporcionan diversas velocidades de carga en función del modelo. La velocidad de carga puede suponer diferencias substanciales en el precio tanto del cargador como del €/Kwh al cargar el vehículo. Por ejemplo, un cargador doméstico de carga lenta puede costar alrededor de 1500€ instalación incluida, mientras que un cargador público de carga rápida puede costar alrededor de unos 150.000€ la unidad incluida la instalación (ECODES, 2021). Además, cargar un vehículo con carga convencional doméstica puede costar entre 8-16 céntimos el Kwh (dependiendo de la tarifa y horas valle) frente al precio de más de 50 céntimos el Kwh que puede costar la recarga en cargadores públicos, o hasta 1 euro por Kwh en cargadores rápidos (Autobild, 2021).

Debido a esta circunstancia, la carga se efectuará en la mayoría de los casos en el hogar mientras el coche no esta en uso, lo que dará paso a otra faceta del coche conectado, la integración de la batería del vehículo con el hogar y la red eléctrica de manera inteligente, pudiendo vender la energía sobrante o utilizarla en el hogar en las horas de más demanda (precio kwh más alto) para generar un ahorro al propietario, o en caso de apagón suministrar electricidad a modo de generador de reserva, entre otras funciones.

### 4.1. Tipos de cargadores

Según EURELECTRIC, de los 65 millones de cargadores que se calcula que tendrá que haber en 2035 en la UE, 56 millones serán residenciales y 9 millones serán públicos, o de otra manera que un 85% de los cargadores serán residenciales, 6% en el lugar de trabajo y tan solo un 5% serán cargadores públicos (autopistas, vías públicas, centros comerciales...). Podemos dividir estos cargadores en 6 tipos, acorde a la clasificación efectuada por EURELECTRIC (EY-EURELECTRIC, 2022).

#### **Residencial rural:**

Carga en un garaje privado o frente a la casa. Carga lenta entre 3.3kw-7kw siendo el tipo de recarga más barato (lentamente durante las horas que el coche esta aparcado en casa). Se puede combinar con sistemas inteligentes de carga que pueden llegar a incrementar sustancialmente el ahorro.

#### **Residencial urbano:**

Se trataría del mismo tipo de cargadores de la categoría anterior, solo que integrados en bloques de vecinos con aparcamiento comunitario, o en aparcamientos privados comunitarios. Se trata de una configuración más problemática, al surgir diversos conflictos como la titularidad o arrendamiento de las plazas de aparcamiento (que puede variar si se alquila o vende la plaza, lo que supondría cambiar de nombre también el contrato con la empresa de electricidad, cosa que puede no interesar al nuevo inquilino o comprador si no tiene un coche eléctrico), la burocracia y la necesidad de realizar actuaciones comunitarias en el edificio con tal de instalar la infraestructura necesaria para disponer de un sistema ramificado de cargadores para cada plaza de aparcamiento.

### Lugar de trabajo:

En algunos lugares de trabajo puede funcionar como un incentivo más, ofreciendo carga gratuita, o integrada de manera inteligente en el esquema eléctrico de la empresa (si además tiene placas solares, por ejemplo).

### Base de flota de vehículos “Fleet Hub”:

Cargadores de carga rápida (22kw a 50kw) para Vehículos Comerciales Ligeros (LCVs siglas en inglés) o Vehículos Comerciales Pesados (HDVs siglas en inglés) que pasarían la noche cargando en las respectivas bases de sus compañías para ser utilizados después durante el día. La inversión en cargadores de carga rápida es elevada, tanto en infraestructura, como en el coste de los propios cargadores.

### Bases de pernoctación “Overnight stay hub”:

Pensado para lugares donde los camiones de largo recorrido pasan la noche. Se trata de cargadores de carga rápida (de 50kw a 100kw) que trabajarían durante el descanso del conductor (típicamente unas 8 horas). Se trataría del momento ideal para realizar este tipo de carga, por ser una franja horario de baja demanda eléctrica. Por otra parte, nuevamente, este tipo de instalaciones tienen la contraparte de suponer un coste de inversión elevado y una potencial sobrecarga en la red local en la que estén situados estos cargadores.

### Cargadores en Autovías y Autopistas:

Cargadores de carga rápida y ultra rápida (70kw a 350kw). Se trataría del tipo de cargador y carga más costoso con diferencia, pero que posibilitaría realizar viajes largos al permitir cargar el coche en un tiempo similar al que se tarda en repostar con combustible convencional.

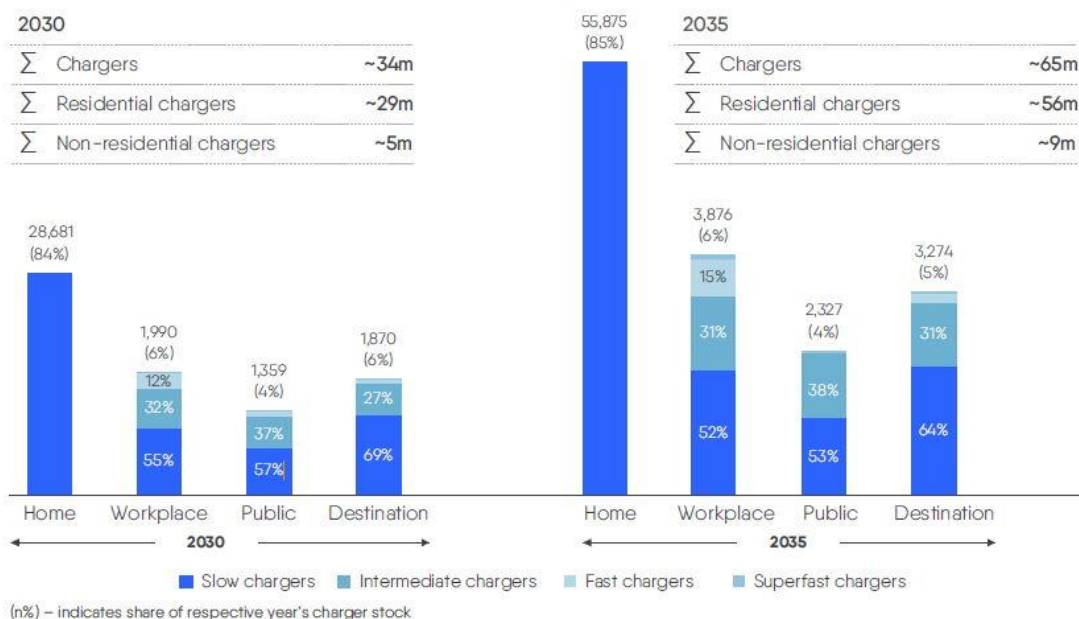


Ilustración 8. Previsión cargadores UE y tipos.

Fuente: EURELECTRIC-EY

## 4.2. Cargadores eléctricos en España.

Tomando como referencia la estimación sobre VEBs en circulación proyectada en el PNIEC 2021-2030 de 5 millones de vehículos, a la que habría que añadir otros 250.000 vehículos entre camiones pesados y vehículos de micro movilidad (patinetes, bicicletas eléctricas...) tendríamos 5,25 millones de vehículos eléctricos que necesitarían recarga (ECODES, 2021).

En el estudio realizado por ECODES junto con T&E y Everis, se determina, en base a la capacidad de las baterías estimada de cada vehículo, autonomía, eficiencia y distancia recorrida, que la totalidad de los 5,25 millones de vehículos supondrán una demanda energética diaria promedio de 43GWh y de 11215 GWh anuales.

Por otra parte, los perfiles de recarga serían los siguientes:

Infraestructura privada	Potencia media (kW)	Potencia máxima (kW)
Hogar	3,7	3,7
Trabajo	7,0	7,0
Depósito DUM*	7,0	7,0
Depósito (pasajeros y mercancías)**	50,0	50,0
Infraestructura pública	Potencia media (kW)	Potencia máxima (kW)
Lenta	7,0	7,0
Semirrápida	16,5	22,0
Rápida	40,0	50,0
Ultrarrápida	120,0	150,0
Áreas de descanso – transporte pesado	300,0	300,0

\*Distribución Urbana de Mercancías, asociado a flotas de vehículos de reparto ligeros.

\*\* Asociado a flotas de autobuses y camiones pesados de transporte de mercancías.

Ilustración 9. Perfiles de recarga. Potencias máximas y mínimas.

Fuente: ECODES

Y a continuación los tiempos de recarga:

Tiempo total de recarga	Promedio ponderado (h)
Hogar	8,4
Trabajo	4,3
Depósito (DUM)	6,9
Depósito (pasajeros y mercancías)	7,7
Lenta	3,0
Semirrápida	2,9
Rápida	1,4
Ultrarrápida	0,7
Áreas de descanso – transporte pesado	1,8

Ilustración 10. Tiempos de recarga

Fuente: ECODES



Finalmente teniendo en cuenta estos factores, el estudio concluye con una estimación de cuantos cargadores y de que tipo serán necesarios para dar apoyo al nuevo parque de vehículos eléctricos, representada en dos escenarios, uno con mayor protagonismo en la carga rápida pública y otro con más protagonismo en la carga lenta pública.

El primer escenario contempla un menor protagonismo de la carga rápida en infraestructura pública:

Tabla 2: Necesidad de cargadores (Escenario 1).

<b>Escenario 1</b>					
<b>Infraestructura Privada (vinculada)</b>	<b>Potencia media (kW)</b>	<b>Hábitos de recarga</b>	<b>Ciclo recarga ponderado</b>	<b>N.º Puntos recarga</b>	<b>Potencia (MW)</b>
Hogar	3,7	26,15%	1	1241701	4594
Trabajo	7	28,20%	1	1404193	9829
Depósito DUM	7	5,78%	1	303601	2125
Depósito (pasajeros y mercancías)	50	1,02%	1	53738	2686
<b>Total</b>		<b>61,15%</b>		<b>3.003.233</b>	<b>19.234</b>
<b>Infraestructura Pública (no vinculada)</b>	<b>Potencia media (kW)</b>	<b>Hábitos de recarga</b>	<b>Ciclo recarga ponderado</b>	<b>N.º Puntos recarga</b>	<b>Potencia (MW)</b>
Lenta	7	18,96%	6	165942	1161
Semi rápida	16,5	11,96%	6	104668	1727
Rápida	40	2,67%	11	12759	510
Ultrarrápida	120	5,18%	25	5444	653
Áreas de descanso - Transporte público	300	0,06%	10	317	95,1
<b>Total</b>		<b>38,83%</b>		<b>289130</b>	<b>4146,1</b>
<b>Resumen</b>	<b>N.º Cargadores</b>	<b>Potencia (MW)</b>			
Puntos de Recarga Públicos	289130	4147			
Puntos de Recarga Privados	3003233	19235			
<b>Total</b>	<b>3.292.363</b>	<b>23.382</b>			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ECODES.

Y a continuación el segundo escenario que contempla un mayor protagonismo de la carga rápida en la infraestructura pública:

Tabla 3: Necesidad cargadores (Escenario 2).

<b>Escenario 2</b>					
<b>Infraestructura Privada (vinculada)</b>	<b>Potencia media (kW)</b>	<b>Hábitos de recarga</b>	<b>Ciclo recarga ponderado</b>	<b>N.º Puntos recarga</b>	<b>Potencia (MW)</b>
Hogar	3,7	26,15%	1	1241701	4594
Trabajo	7	28,20%	1	1404193	9829
Depósito DUM	7	5,78%	1	303601	2125
Depósito (pasajeros y mercancías)	50	1,02%	1	53738	2686
<b>Total</b>		<b>61,15%</b>		<b>3.003.233</b>	<b>19.234</b>
<b>Infraestructura Pública (no vinculada)</b>	<b>Potencia media (kW)</b>	<b>Hábitos de recarga</b>	<b>Ciclo recarga ponderado</b>	<b>N.º Puntos recarga</b>	<b>Potencia (MW)</b>
Lenta	7	7,26%	6	63569	445
Semi rápida	16,5	11,52%	6	100783	1662
Rápida	40	10,00%	11	47731	1909
Ultrarrápida	120	10,00%	25	10501	1260
Áreas de descanso - Transporte público	300	0,06%	10	317	95,1
<b>Total</b>		<b>38,84%</b>		<b>222.901</b>	<b>5.371,1</b>
<b>Resumen</b>	<b>N.º Cargadores</b>	<b>Potencia (MW)</b>			
Puntos de Recarga Públicos	222901	5372			
Puntos de Recarga Privados	3003233	19235			
<b>Total</b>	<b>3.226.134</b>	<b>24.607</b>			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ECODES.

### 4.3. Inversión necesaria en España.

En la siguiente tabla podemos ver un desglose de precios elaborado a partir de precios promedios de cargadores, incluyendo costes de instalación y alta de suministro (el alta de suministro es un coste necesario para acceder a potencias de recarga elevadas):

Tipología de cargador	Potencia media (kW)	Coste equipo	Coste instalación	Alta de suministro*	Coste Total
Privado - Hogar	3,7	500 €	1.000 €	0 €	1.500 €
Privado - Trabajo	7,0	1.500 €	2.000 €	0 €	3.500 €
Privado - Depósito DUM	7,0	2.800 €	10.500 €	0 €	13.300 €
Privado - Depósito (pasajeros y mercancías)	50,0	20.500 €	12.000 €	1.863 €	34.363 €
Público - Lento	7,0	1.300 €	2.500 €	0 €	3.800 €
Público - Semi rápido	16,5	2.800 €	10.500 €	0 €	13.300 €
Público - Rápido	40,0	20.500 €	12.000 €	1.863 €	34.363 €
Público - Ultrarrápido	120,0	50.000 €	37.500 €	4.986 €	91.505 €
Público - Áreas descanso	300,0	68.750 €	73.500 €	8.485 €	150.735 €

\* Los costes de alta de suministro están calculados a partir de la normativa vigente RD 1048/2013, que comprende el pago de derechos de acometida (derechos de extensión y acceso) y los derechos de enganche.

Ilustración 11. Costes individuales cargadores.

Fuente: ECODES

Teniendo en cuenta estos costes, el estudio de ECODES calcula cuál sería el coste total de inversión en infraestructura de recarga, aplicando un ajuste de abaratamiento del 20% del coste de estos cargadores a partir de 2030, ajuste que se realiza en base a la predicción del abaratamiento de estos cargadores una vez se incrementa su demanda, las economías de escala y la competencia en este mercado incipiente.

En el escenario 1, el coste total aproximado sería de unos 12,2 mil millones de euros.

En el escenario 2, aunque se contemplan una menor cantidad de puntos recarga, si que se contempla en el mix un número mayor de puntos de recarga ultrarrápida, lo que hace que a pesar de a ver menos cargadores que en el escenario 1, su coste sea más elevado. El escenario 2 arroja unos costes aproximados de 13,2 mil millones de euros.

A modo de comparación, los costes de instalación de la totalidad de la infraestructura de recarga eléctrica para 2030 equivaldría, por ejemplo, al coste extra que ha supuesto en 2023 la revalorización de las pensiones (13,6 billones de euros) (Europa Press, 2022)

Escenario 1		Escenario 2	
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>12.248 M €</b>	<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>13.231 M €</b>
<b>Infraestructura Pública</b>	<b>2.332 M €</b>	<b>Infraestructura Pública</b>	<b>3.315 M €</b>
Lenta	485 M €	Lenta	176 M €
Semirrápida	1.089 M €	Semirrápida	1.060 M €
Rápida	332 M €	Rápida	1.308 M €
Ultrarrápida	387 M €	Ultrarrápida	771 M €
Áreas descanso	38 M €	Áreas descanso	38 M €
<b>Infraestructura Privada</b>	<b>9.916 M €</b>	<b>Infraestructura Privada</b>	<b>9.916 M €</b>
Hogar	1.444 M €	Hogar	1.444 M €
Trabajo	3.903 M €	Trabajo	3.903 M €
Depósito DUM	3.175 M €	Depósito DUM	3.175 M €
Depósito (pasajeros y mercancías)	1.393 M €	Depósito (pasajeros y mercancías)	1.393 M €

Ilustración 12. Coste total escenarios 1 y 2.

Fuente: ECODES.

Si observamos las tablas, vemos que la inversión mayoritaria se realizará en la infraestructura privada, siendo la inversión mayoritaria en los lugares de trabajo seguida de los depósitos urbanos de mercancías, desde los que trabajan los vehículos de reparto ligeros que realizan la denominada “última milla”. Se apuesta por esta configuración porque la configuración residencial en España (concentración en las grandes ciudades en bloques de pisos) dificulta la posesión de un cargador individual en el hogar. Aún así, los cargadores privados en el hogar también suponen una parte importante de la inversión global.

A modo de ejemplo, si juntamos la inversión en cargadores privados en el hogar y el trabajo, solo en estos dos tipos de cargador ya tendríamos la mitad del coste total de la inversión en esta infraestructura. Si tenemos en cuenta la infraestructura privada total, esta engloba aproximadamente el 80% de la inversión global.

#### 4.4. Conclusión

Teniendo en cuenta un objetivo de aproximadamente 5 millones de BEVs, ECODES junto con EVERIS y A&T realizaron un estudio pormenorizado, teniendo en cuenta variables como la capacidad de las baterías, autonomía, kilómetros medios anuales recorrido por vehículo y otras variables, en el cual se aproximaba el número necesario de cargadores eléctricos, así como la tipología y titularidad, aproximando también su coste.

El estudio concluye que se necesitarían alrededor de 3.300.000 cargadores entre públicos y privados, y que la inversión total ascendería a 12-13 billones de euros.

Se trata de una previsión para el año 2030, si en el año 2035 se llegara a duplicar la cifra de 5 millones de VEBs, harían falta inversiones importantes adicionales para el periodo 2030-2035.

## 5. Red eléctrica. Transporte y gestión del flujo eléctrico.

Una vez instalados los cargadores eléctricos, estos necesitarán de un flujo de energía seguro, constante y suficiente para satisfacer las diferentes necesidades de potencia. La red eléctrica es la encargada de transportar la energía eléctrica, tanto a los cargadores como al resto de la economía (hogares, empresas, transporte público...). La electrificación del parque móvil supone un reto para la infraestructura eléctrica, no solo por los elevados requerimientos de los cargadores rápidos y ultrarrápidos (por ejemplo, un solo cargador de 50kW puede consumir la misma energía que un bloque de 25 apartamentos (Current News UK, 2021)), sino principalmente por los problemas que podrían derivar de la demanda generalizada de electricidad causada por la recarga simultánea de estos vehículos en determinadas horas.

Según los datos de Red Eléctrica Española (REE), cada millón de vehículos supondría alrededor de un 1% en el incremento de la demanda de energía (REE, 2018). Si como hemos visto en el apartado anterior, se esperan más de 5 millones de VEBs para 2030, y de casi 10 millones de VEBs en el mejor de los casos para 2035, podemos suponer un incremento en la demanda de electricidad de entre un 5%-10%.

Puede parecer poco, pero la demanda extra de electricidad puede llegar a generar problemas de sobrecarga de la red si todo el mundo recarga su vehículo a la vez, especialmente en zonas del país con una infraestructura eléctrica más deficiente, que puede no ser capaz de copar con el exceso de demanda eléctrica de los hogares o lugares de trabajo con vehículos eléctricos conectados, o la demanda originada por los cargadores rápidos y ultrarrápidos, los cuales requieren de potencias muy elevadas y son necesarios para los viajes interurbanos. Muchos de estos cargadores pueden estar situados en zonas donde no es posible suministrarlos con la potencia necesaria ya sea por tratarse de lugares aislados o por tratarse de lugares con una infraestructura más básica o desactualizada.

Además, si el parque móvil español es de alrededor de 34 millones de vehículos, y la adopción del VEB se cumple, el objetivo final será poder dar soporte de recarga a estos vehículos lo que ya supondría un incremento teórico de la demanda eléctrica de alrededor del 34%.

Por estos motivos es necesario, a la vez que se van incrementando las matriculaciones de VEBs y la instalación de cargadores eléctricos, ir actualizando y sobredimensionando la infraestructura de transporte de electricidad (líneas de alta tensión, actualización de redes obsoletas, transformadores, mejoras tecnológicas de gestión del flujo, interconectividad nacional e internacional...) para que estén a la altura de los nuevos requerimientos de la movilidad eléctrica. Una buena planificación de la gestión de la recarga (dividirla entre carga en el trabajo y en el hogar, por ejemplo) también puede ayudar a que el sistema soporte los picos de demanda. Por otra parte, los nuevos desarrollos apuntan en dirección de integrar el VEB con la red eléctrica como mucho más que un simple receptor de energía, sino también como pequeños depósitos de almacenaje eléctrico que pueden permitir almacenar electricidad cuando hay poca demanda y el precio es más bajo, y verterla de nuevo en la red o usarla en el hogar cuando hay más demanda y es más cara, generando un ahorro para el usuario, aparte de conseguir un sistema eléctrico más resiliente a la vez que se aprovecha y se almacena la sobreproducción de energías renovables (B.Mena, F.Collaguazo, 2018).

### 5.1. Incremento de la demanda eléctrica.

El consenso general es que la demanda de electricidad adicional de los VEBs es de alrededor del 1% por cada millón de vehículos, tal como expone el informe realizado por Red Eléctrica de España (REE, 2018). También la Directora Global de Smart Mobility de Iberdrola, Raquel Blanco, manifiesta en una entrevista realizada en el medio digital “El Español” que 1 millón de VEBs no suponen ni un 1% de demanda eléctrica, y que si todo el país condujera un VEB, la demanda no supondría más de un 15-20% adicional (Raquel Blanco, Smart Mobility, 2023).

Otro estudio realizado por la International Energy Agency (IEA) concluye que para 2030 la demanda eléctrica global de los VEBs tan solo supondrá alrededor de un 4% de la demanda total de electricidad. En Europa supondrá casi un 6% (IEA, 2023)

Consumo VEBs en proporción al consumo total:

Country/region	2022	Stated Policies Scenario 2030	Announced Pledges Scenario 2030
China	0.8%	3.8%	4.0%
Europe	0.7%	4.7%	5.7%
United States	0.4%	5.4%	6.3%
Japan	0.1%	1.7%	2.2%
India	0.1%	1.7%	2.5%
Global	0.5%	3.2%	3.8%

Ilustración 13. Consumo proporcional VEBs  
Fuente: International Energy Agency (IEA)

Para España, la fundación Ecología y Desarrollo (ECODES) en su informe conjunto con Transport & Environment (T&E) y Everis, concluyen que en el escenario 2030 con 5 millones de VEBs proyectados la demanda adicional supondrá de alrededor de un 1% por millón de VEBs y de alrededor del 5%-6% en total.

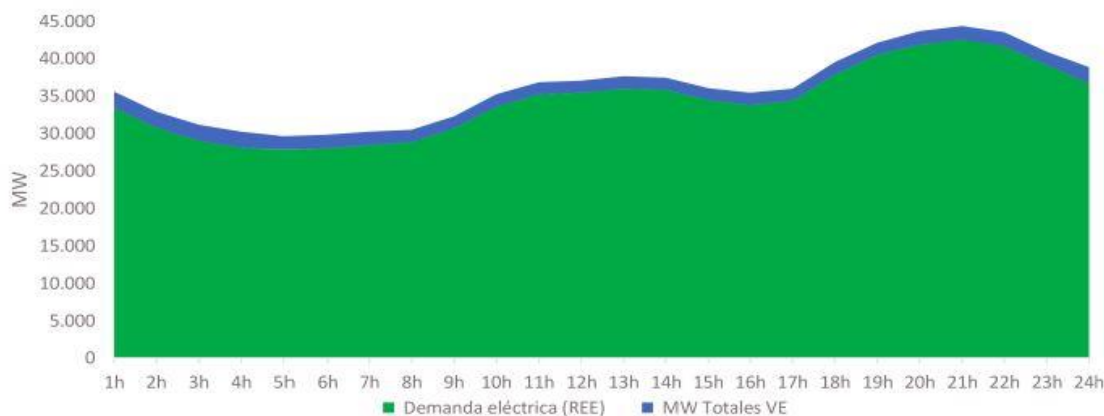
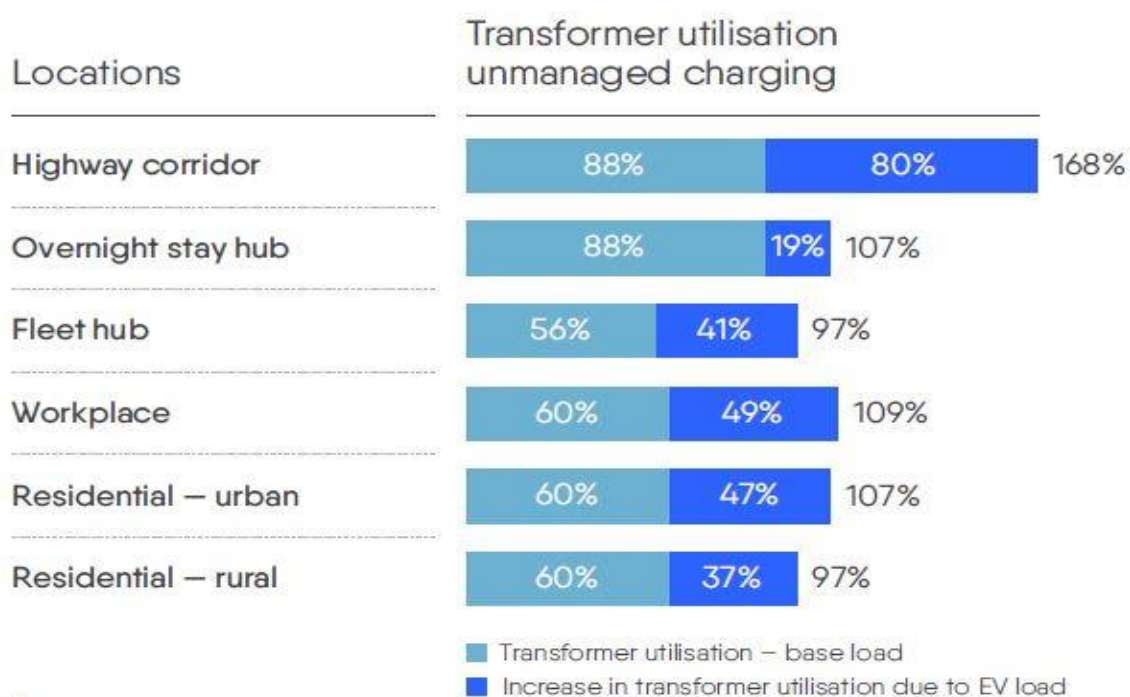


Ilustración 14. Demanda diaria con el componente de movilidad eléctrica (azul) año 2030.  
Fuente: ECODES.

Por tanto, en base a los datos obtenidos de diferentes fuentes, se observa que la demanda adicional de energía no supondrá un reto en cuanto a la generación de energía se refiere. El verdadero reto de la demanda adicional de energía se encuentra en el transporte, es decir, en las líneas eléctricas y transformadores.

Los hábitos de recarga solapados con las horas de mayor consumo eléctrico (mayoritariamente por las tardes, cuando se recarga el coche a la vez que se utilizan las diversas utilidades del hogar, en todos los hogares) puede ocasionar sobrecargas y poner al límite las instalaciones e infraestructuras, tanto domésticas como de transporte y gestión del flujo eléctrico.

En el siguiente gráfico, podemos ver como para el escenario europeo, con una previsión de 130 millones de VEBs para 2035, se sobrepasa la capacidad de transformadores e instalaciones en un escenario de carga no planificada en la UE:



**Notes:**

1. Transformer utilisation: ratio of peak load to transformer-rated capacity.

Ilustración 15. Carga adicional VEBs sobre los transformadores eléctricos.

Fuente: EURELECTRIC – EY

Como podemos ver en el gráfico, se sobrepasa en casi todos los ámbitos la capacidad de los transformadores eléctricos de la infraestructura existente, lo que provocaría sobrecargas, cortes de luz y averías. También podemos observar que la infraestructura que mas se verá sobrepasada es la situada en autovías y autopistas, es decir, las electrolíneas. Esta sobrecarga se debe a la elevada potencia demandada por los cargadores de carga ultrarrápida, necesarios para posibilitar los viajes de media y larga distancia de los VEBs, especialmente los efectuados por el transporte pesado.

Para paliar estas sobrecargas, se actuará desde dos frentes. El primero, la recarga planificada, es decir, que la recarga no solo se produzca desde el hogar, cuando la demanda es más elevada, sino también en el trabajo o si nos desplazamos a un centro comercial o aparcamos en la calle en un desplazamiento. También jugarán un papel importante la integración innovaciones tecnológicas, como los cargadores inteligentes que son capaces de gestionar la recarga en función del precio de la luz (V2G), o la gestión inteligente de los flujos eléctricos por parte de las compañías eléctricas. El

segundo frente es modernizar y sobredimensionar las instalaciones existentes, especialmente en los lugares donde están más anticuadas o aisladas en cuanto a interconexiones con el resto de la red, para hacerlas más resilientes a las sobrecargas.

## 5.2. Inversiones necesarias e innovaciones.

Para la Unión Europea se estima que la inversión necesaria para realizar la transición hacia una economía de descarbonización en 2030 es de entre 375-425 billones de euros (Kadri Simson, EURELECTRIC, 2021).

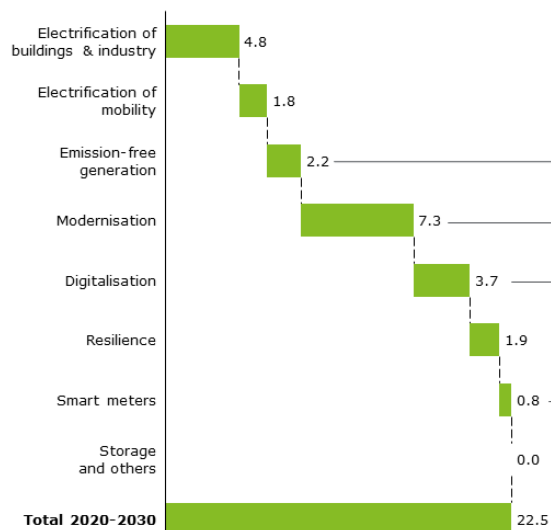
En España, por el momento en el Plan de Desarrollo de la Red de Transporte y Energía Eléctrica realizado conjuntamente entre REE y el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, ya se encuentran planificados 7 billones de euros de inversión que irán destinados a mejorar la red, integrando también las energías renovables mediante almacenamiento e interconexiones que permitirán también un mayor aprovechamiento de estas energías (REE, 2021).

En un estudio más pormenorizado elaborado por EURELECTRIC, se desglosa la inversión necesaria en infraestructura eléctrica para el período 2020-2030 en España (Kadri Simson, EURELECTRIC, 2021):

### Investments per country - Spain



#### Overall investments in power distribution grids (nominal €bn; 2020-30)



#### Key insights

- Most of the generation capacity (~75%) is expected to be **connected to the transmission grid**
- High investments due to **current age structure** of the distribution grids, specially **low-voltage**
- High investments in digitalisation to make grids a key **enabler for the Energy Transition** and **integrate efficiently high volume of variable RES generation and DER resources**
- **Already reached full deployment** of smart meters

Ilustración 16. Inversión en redes de distribución.  
Fuente: EURELECTRIC

Según este informe, la inversión total que se realizará en España para modernizar la red y adecuarla a la transición ecológica será de 22,5 billones de euros, de los cuales 1,8 billones corresponden exclusivamente a la integración de la demanda que supondrán los vehículos eléctricos. También vemos que la inversión mayoritaria se dará en modernizar las redes anticuadas, especialmente las de baja tensión (7,3 billones de euros).



### 5.3. Conclusiones

Aunque numerosos organismos afirmen que la infraestructura podrá asumir sin problema la nueva demanda energética de los VEBs, no podemos decir lo mismo de la infraestructura de transporte de la electricidad, es decir las líneas eléctricas y los transformadores que hacen posible que la energía llegue a cada rincón del país. Se espera que, con la infraestructura actual, haya numerosas sobrecargas y apagones cuando los hábitos de la población provoquen picos de demanda en horas determinadas y en lugares determinados (al cargar el vehículo todos en la misma hora, o al soportar los elevados requerimientos de los cargadores ultrarrápidos en autopistas y autovías, situadas algunas en lugares remotos con poca infraestructura). Es en este segmento de la infraestructura donde se necesitará una gran inversión con tal de actualizar y sobredimensionar la red, para que pueda soportar los picos de demanda. También las nuevas tecnologías pueden mejorar la gestión de la oferta y la demanda, obteniendo finalmente un sistema mejor, barato y resiliente para el conjunto de la población.

Se prevé una inversión total de 22,5 billones de euros para España según EURELECTRIC en un estudio enfocado exclusivamente al VEB, y de 58 billones según el PNIEC 2021-2030, el cual estaría enfocado hacia la transformación total de la economía, no solo de la movilidad.

## 6. Producción de energía.

Actualmente la potencia instalada en España es de 120 GWh (REE, 2023b), y como hemos visto anteriormente, por cada millón de VEBs se incrementa en un 1% aproximadamente la demanda de electricidad (REE, 2018). Por otra parte, y asumiendo el objetivo marcado para 2030 en el PNIEC 2021-2030, tendremos en España unos 5 millones de VEBs y para 2035 podríamos aproximar entre 4 y 10 millones de VEBs, aunque todo depende de la evolución de las ventas y del ecosistema de movilidad en los próximos años.

Ante estos datos, se puede aproximar que la demanda energética adicional que emanará del transporte sufrirá un aumento de 4-10%, lo que supondría un incremento en la demanda de energía de 4,8-12 GWh, la misma electricidad que generarían dos centrales nucleares como la de Fukushima en Japón (IAEA, 2023)

Como se puede ver, supone un objetivo alcanzable y asumible, al menos con el mix energético actual, el cual dispone de un 60% del total de potencia instalada de energías renovables, el cual no tiene mucho sentido teniendo en cuenta que la prohibición de vender coches que emitan CO2 para 2035, tiene como objetivo la transición hacia una sociedad 0 emisiones.

Para que la transición de la movilidad tenga sentido, la energía con la que se recarga los vehículos debería provenir de fuentes renovables que sean neutras en CO2, y esto si implica una profunda transformación y un reto para el sistema de producción energético actual.

### 6.1. Descarbonización del sistema eléctrico.

En el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030) se proyectan la instalación de 40GWh adicionales respecto 2023, con un peso de producción renovable del 74%, lo que supone 120GWh de origen renovable de potencia instalada, el doble de la que existe actualmente y suficiente para igualar la potencia instalada total actual.

Parque de generación del Escenario Objetivo (MW)				
Año	2015	2020*	2025*	2030*
Eólica (terrestre y marítima)	22.925	28.033	40.633	50.333
Solar fotovoltaica	4.854	9.071	21.713	39.181
Solar termoeléctrica	2.300	2.303	4.803	7.303
Hidráulica	14.104	14.109	14.359	14.609
Bombeo Mixto	2.687	2.687	2.687	2.687
Bombeo Puro	3.337	3.337	4.212	6.837
Biogás	223	211	241	241
Otras renovables	0	0	40	80
Biomasa	677	613	815	1.408
Carbón	11.311	7.897	2.165	0
Ciclo combinado	26.612	26.612	26.612	26.612
Cogeneración	6.143	5.239	4.373	3.670
Fuel y Fuel/Gas (Territorios No Peninsulares)	3.708	3.708	2.781	1.854
Residuos y otros	893	610	470	341
Nuclear	7.399	7.399	7.399	3.181
Almacenamiento	0	0	500	2.500
<b>Total</b>	<b>107.173</b>	<b>111.829</b>	<b>133.802</b>	<b>160.837</b>

\*Los datos de 2020, 2025 y 2030 son estimaciones del Escenario Objetivo del PNIEC.

Ilustración 17. Evolución de la potencia instalada de energía eléctrica.

Fuente: PNIEC 2021-2030 pg.46

## 6.2. Inversión prevista PNIEC 2021-2030

En el PNIEC 2021-2030 se prevén unas inversiones totales de 241 billones de euros, de los cuales 92 billones de euros son para la instalación de energías renovables, y 58 billones para la electrificación y redes. El peso de las inversiones recaerá aproximadamente en un 80% en el sector privado y un 20% en el sector público.

Se trata de una cifra holgadamente superior a la prevista por el estudio realizado por EURELECTRIC arriba referenciado (ilustración 18), pero hay que tener en cuenta que en el PNIEC se tienen en cuenta no solo las inversiones necesarias para adaptar la infraestructura a la descarbonización de la movilidad, sino también las inversiones necesarias para descarbonizar el sector residencial e industrial.

## 6.3. Conclusión

Atendiendo al incremento de la demanda esperada de alrededor de 4-10 millones de VEBs, numerosos estudios realizados tanto por organismos europeos como nacionales concluyen que el exceso de demanda no supondrá un problema ya que no supondrá una porción tan elevada en relación con el conjunto de demanda eléctrica nacional (aproximadamente un 1% por cada millón de VEBs) y la producción se podrá asumir sin ningún problema. Sin embargo, si la transición a la movilidad eléctrica está motivada en la necesidad de reducir el calentamiento global y las emisiones contaminantes, no tiene sentido seguir produciendo energía en el futuro de la manera que lo estamos haciendo ahora.

Para que la descarbonización de la movilidad tenga sentido, habría que descarbonizar también la producción de energía, y aquí es donde se hace necesario un elevado volumen de inversión para mejorar el mix energético a uno con un peso mayor en energías renovables, a la vez que se satisface el incremento de la demanda energético no solo de la movilidad, sino del conjunto de la economía en 2035.

En el PNIEC 2021-2030, se proyectan un incremento de 40GWh respecto a la producción actual, que sumaría un total de 160GWh, con un peso en energías renovables del 74%, respecto al 60% de energías renovables en el mix actual. Para conseguir esta mejora, el PNIEC 2021-2030 prevé una inversión de 92 billones de euros.

Hay que mencionar también que actualmente se desconoce si a partir de 2030 se realizarán nuevas inversiones hasta el año 2035.

## 7. Subvenciones.

Actualmente en España las subvenciones a la transición hacia la movilidad eléctrica se encuentran englobadas dentro del Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica del Vehículo Eléctrico y Conectado (PERTE VEC) y en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030).

### 7.1. Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica del Vehículo Eléctrico y Conectado (PERTE VEC).

El plan de actuación del PERTE VEC se configura como *“una iniciativa integral sobre la cadena de valor industrial del VEC con el objetivo de crear el ecosistema necesario para que este se puede desarrollar y fabricar de manera integral en España”* (MINCOTUR, 2021).

El PERTE VEC se organiza en varios bloques de actuación:

- Obligatorios y esenciales.
  - Fabricación de equipos originales y ensamblaje.
  - Fabricación de batería y pilas de hidrógeno
  - Fabricación de otros componentes esenciales adaptados al VEB.
- Bloque de carácter adicional o complementarios a los esenciales.
  - Fabricación de componentes del vehículo inteligente
  - Conectividad del vehículo eléctrico
  - Fabricación de sistemas de recarga
- Procesos transversales
  - Plan de economía circular, de digitalización y de formación/reciclaje profesional
- Medidas facilitadoras
  - Normativa
  - Despliegue redes 5G
  - Ayudas a la movilidad (MOVES III y singulares)
  - Medidas en el ámbito de la formación y cualificación profesional

Los fondos del PERTE VEC se irán asignando con un límite temporal de diciembre de 2023 o hasta que se agoten los fondos, lo que suceda antes. Se asignarán en función de las solicitudes y proyectos elegibles.

El PERTE VEC prevé fomentar una inversión inicial en el periodo 2021-2023 de 24 billones de euros, de los cuales 4,3 billones serán inversión pública.

Actualmente se desconoce si el plan tendrá continuidad más allá de 2023.

## 7.2. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030).

El marco regulatorio en cuanto a políticas energéticas y climáticas en España viene determinado por la Unión Europea y corresponde a los compromisos adoptados en la cumbre del Acuerdo de París en 2016.

El objetivo del PNIEC 2021-2030 es reflejar el compromiso y contribución de España a nivel internacional con los Acuerdos de París, dando cumplimiento a los principales objetivos vinculantes de la UE para 2030 que se exponen a continuación:

- Reducción de los gases efecto invernadero en un 40% respecto a 1990. (El PNIEC prevé una reducción del 23% una vez implementado)
- Alcanzar la cifra del 32% de energías renovables sobre el consumo final de energía bruta y del 32% de mejora en la eficiencia energética (El PNIEC aspira a conseguir un 42% de renovables sobre el consumo final y una mejora del 39,5% en la eficiencia energética. Además, prevé conseguir un 74% de energías renovables en la generación eléctrica).
- Llegar a la cuota del 15% de interconexión eléctrica entre los estados miembros.

Estos objetivos tienen como finalidad a largo plazo la neutralidad climática (0 emisiones) para 2050 en la UE, en la totalidad de la sociedad (movilidad, residencial, industrial...)

La hoja de ruta del PNIEC 2021-2030 se ejecuta a través de las siguientes dimensiones, que se estructuran en objetivos generales y específicos, y en políticas y medidas para conseguirlos:

- Dimensión de la descarbonización (movilidad y transporte incluidas en este apartado)
- Dimensión de la eficiencia energética
- Dimensión de la seguridad energética
- Dimensión del mercado interior de la energía
- Dimensión de investigación, innovación y competitividad

El PNIEC 2021-2030 prevé en este período una inversión de 241 billones de euros, de los cuales se espera que alrededor de 48 billones sean de dinero público.

Como se ha expuesto anteriormente, de los 241 billones que se prevé invertir, 92 billones de euros son para la instalación de energías renovables, y 58 billones para la electrificación y redes, segmentos que estarían relacionados con la descarbonización del transporte, sumando un total de 150 billones de inversión, de los cuales 30 billones serían inversión pública y 120 billones inversión privada.

### 7.3. Conclusiones

Teniendo en cuenta los planes vigentes actuales, se pueden prever inversiones públicas por valor de 4,3 billones a través del PERTE VEC, y de 30 billones desde el PNIEC 2021-2030. En el caso del PNIEC, se asumen como inversiones necesarias para la adopción del VEC ya que, a pesar de no tener como objetivo explícito la movilidad eléctrica, sí que trabaja aspectos necesarios para que esta se pueda producir y además tenga sentido, como la actualización de las redes, la mejora del mix renovable en la producción energética, la interconexión entre países que haría más resiliente el sistema...

Por otra parte, y con unas elecciones generales en el horizonte próximo, es difícil predecir la continuidad de estos planes, así como la aprobación de nuevas inversiones en la dirección del VEC u otras. Es muy probable que sean necesarias más subvenciones e incentivos para la descarbonización de la movilidad, pero se desconoce cual será su alcance y forma.

Por el momento se puede afirmar que hay proyectados unos 34 billones de euros en inversión pública, que se materializarían en forma de subvenciones e inversiones.

## **Implicaciones éticas y/o sociales.**

No procede

## Conclusiones.

Mediante este trabajo se ha puesto en relieve la magnitud de la transformación que supone prohibir la venta de vehículos de combustión para el año 2035. Se trata de evaluar la viabilidad de tal transformación en un plazo de tiempo tan corto plazo. Se ha tenido en cuenta el parque móvil electrificado, pasando por los cargadores eléctricos, la infraestructura de transporte de la electricidad y las propias fuentes de energía eléctrica. No se ha tenido en cuenta en este trabajo la inversión necesaria de los fabricantes de coches para adaptar su producción e I+D+I, ni la adquisición de los propios vehículos por parte de los consumidores.

Como se ha podido ver, las estimaciones de la Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC) son que para el año 2035 deberíamos encontrarnos aproximadamente en la cifra de alrededor de 10 millones de VEBs circulando (alrededor del 30% del parque móvil actual), aunque al ritmo actual solo alcanzaremos la cifra de 4 millones de VEBs en circulación (alrededor de un 12% del parque móvil actual).

Los VEBs también necesitan de una infraestructura de recarga suficiente que pueda satisfacer las necesidades de los usuarios, desde ir al trabajo, de viaje, o el transporte de mercancías por carretera y en ciudad, por lo que se hace necesario dotar la infraestructura nacional de suficientes cargadores para poder recargar estos vehículos, de forma ultrarrápida en algunos casos. Sin una infraestructura adecuada de recarga se desincentiva la adquisición de un VEB por parte del usuario, así que se trata de una pieza fundamental, y donde se prevé que se concentre la mayor parte de la inversión necesaria (excluyendo la realizada por el sector del automóvil, y de la propia adquisición del VEB). En el estudio realizado por la fundación sin ánimo de lucro Ecología y Desarrollo (ECODES) se estima una inversión necesaria de unos 12-13 billones de euros para instalar alrededor de 3.300.000 cargadores en territorio español para dar soporte a los 5 millones de VEBs esperados en 2030. Si en 2035 la cifra de VEBs se duplicara, haría falta incrementar en gran medida esta inversión. Al igual que con las matriculaciones de VEBs, tampoco se están cumpliendo actualmente los objetivos de instalación de cargadores, ni se espera que lo hagan en el futuro al ritmo actual.

Se ha expuesto también la sobrecarga a la que se verá sometida la infraestructura eléctrica a medida que haya más VEBs, generando que las horas pico de consumo eléctrico sean aún más elevadas cuando todo el mundo esté en casa y cargando el VEBs a la vez. Se ha estimado una inversión necesaria de unos 22,5 billones de euros para modernizar y adaptar la red a la nueva demanda prevista. También tendrán un papel fundamental las nuevas tecnologías que acompañarán al VEB como la carga bidireccional, así como fomentar la recarga en el trabajo entre otras iniciativas para repartir la carga en diferentes horas del día (además, será más barato hacerlo en horas valle cuando el precio de la luz es menor).

Posteriormente se ha hablado sobre la necesidad de producir más electricidad para alimentar a los VEBs. Por cada millón de VEBs, se estima que se incrementa la demanda eléctrica en un 1%. Aquí el verdadero reto no consiste en producir más electricidad (es asumible el incremento de demanda, en el horizonte 2035). El verdadero reto consiste en producir esta electricidad de la manera más sostenible posible, lo cual pasa por incrementar el protagonismo de energías renovables dentro del mix energético. Actualmente ya se encuentra proyectado en el PNIEC 2021-2030 una inversión de 92 billones de euros para incrementar la producción energética en 40GWh hasta los 160GWh, mejorando el mix energético desde un 60% de renovables actualmente hasta un 74% de renovables presentes en el mix una vez se haya ejecutado el plan.

Para finalizar, el gobierno prevé aportar dinero público en forma de subvenciones englobadas dentro del PERTE VEC, y del PNIEC 2021-2030, que en conjunto suponen un total de 38,3 billones de dinero público, y de una inversión total de 265 billones de euros.

En resumen, se estaría estimando que para el año 2035 deberíamos tener 10 millones de VEBs, 6.600.000 cargadores, una red eléctrica actualizada para poder soportar las sobrecargas y una mayor producción eléctrica y con una presencia mayor en energías renovables. En conjunto se puede estimar que se necesitarían entre inversión pública y privada (sin tener en cuenta la adquisición de los



VEBs ni la transformación de la industria automovilística, solo las subvenciones para su compra) de 24 billones del PERTE VEC, 241 billones por el PNIEC 2021-2030, de los cuales 92 billones estarían directamente relacionados con el VEB (infraestructura e incremento y mejora de la producción) y 24 billones en cargadores eléctricos aproximadamente (en caso de que se encuentren en circulación los 10 millones de VEBs en 2035, haciendo una estimación a partir del coste de 12 billones de euros para 5 millones de VEBs).

Estas cifras suman un total de 140 billones de euros si tenemos en cuenta la inversión directa relacionada con el VEB, y de un total de 313 billones de euros si tenemos en cuenta todo el plan de transformación energético contemplado en el PNIEC 2021-2030. La cifra podría incrementarse en los 5 años siguientes, pero actualmente es difícil saber que nuevas inversiones y planes se aprobarán desde el gobierno y el sector privado. Para poder comparar las cifras, podemos dividir la inversión total necesaria entre los 12 años que nos separan de la fecha límite. Visto desde esta perspectiva, sería necesario invertir, con los planes actuales sobre la mesa, entre 11-26 billones de euros anuales. El PIB de España en 2022 fue de 1.327 billones (La Moncloa, 2023).

Con estos datos, se puede aproximar que la inversión total de la transformación del parque móvil de aquí a 2035 supondría entre un 10,6%-23,6% del PIB nacional de 2022. También podemos comparar el gasto anual con el PIB de 2022, lo que arrojaría unas proporciones de alrededor de un 0,8%-2% del PIB anual en comparación el PIB de 2022. También se puede comparar con el gasto en pensiones en 2022 (mayor partida de los presupuestos generales). En 2022 el gasto anual en pensiones fue de 170,5 billones de euros (BBVA Research, 2021), por tanto, la transformación al VEB supondría una inversión equivalente a el gasto en pensiones en España de 1-2 años.

Como se ha podido ver, las cifras son elevadas, y se apoyan en gran medida sobre el sector privado, y aunque sean cifras posibles de conseguir (no es una utopía, al menos desde el punto de vista de la inversión), se trata de una transformación demasiado rápida, que entraña riesgos importantes sobre la economía, así como un coste de oportunidad elevado que podría ser desastroso si finalmente esta tecnología falla en sus objetivos (los fabricantes de automóviles están invirtiendo grandes cantidades en adaptar su I+D+I y sus cadenas de producción al VEB, y han dejado de invertir en mejorar el motor de combustión y en otras tecnologías alternativas).

También se ha podido ver como el ritmo de transformación no está siendo el deseado, y se encuentra lejos de los objetivos establecidos. Para acelerar el proceso harían falta subvenciones mayores que compensaran el riesgo, la incertidumbre y la resistencia al cambio que suscitan los VEBs y los cargadores eléctricos. Una vez la tecnología mejore, se haga más asequible y ofrezca un beneficio superior para el usuario que los vehículos tradicionales, se empezarán a vender a mayor escala, pero de momento hay desconfianza tanto en los propios VEBs que además suponen un coste mucho mayor que los tradicionales, como con la infraestructura de carga y la autonomía ligada a los tiempos de recarga.

Otro aspecto a tener en cuenta es la situación macroeconómica global actual, el escenario de elevada inflación y las subidas de tipos de interés, que influirán negativamente en la venta de vehículos, en el peor momento posible para la industria del automóvil, que está incurriendo en un elevado gasto en transformarse para cumplir los requerimientos de no vender vehículos de combustión en 2035. También será más difícil para los consumidores adquirir un VEB debido al elevado coste de financiación y precio, sumado a una posible recesión.

Como conclusión a este trabajo, la prohibición de vehículos contaminantes en el año 2035 no es una utopía, en la medida que se trata de una transformación posible, pero el coste de acelerar esta prohibición hasta esa fecha podría ser demasiado elevado para la economía, a la vez que podría suponer desajustes graves en el parque móvil español si no se alcanzan las metas establecidas, perjudicando incluso al propio mercado de VEBs. Se trata de un horizonte temporal demasiado corto, y es muy probable que se trate de una política para presionar la transformación, pero que conforme se acerque la fecha se apliquen prórrogas a la fecha límite señalada.

## Vinculación del trabajo a uno o más ODS.

La página de la ONU de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) dice lo siguiente:

*“17 objetivos para transformar nuestro mundo.*

*En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos, sin dejar a nadie atrás. La Agenda cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, que incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el diseño de nuestras ciudades”*

Fuente: Página web Naciones Unidas (Organización Naciones Unidas, 2015).

La temática de este trabajo se encuentra vinculada a tres ODS:

### **ODS 7. Energía asequible y no contaminante.**

El VEB aspira a ofrecer un acceso a la movilidad más económico (en general es mucho más barato el desplazamiento efectuado con una recarga eléctrica que con una de combustibles fósiles, aunque en parte se deba a los elevados impuestos de los carburantes), una vez realizada la transición. A la vez el VEB promueve el acceso a la energía no contaminante (tanto desde el punto de vista del propio consumo del vehículo, como desde las posibilidades que ofrece como almacenamiento de energía para la red eléctrica una vez integradas una serie de tecnologías. Estas tecnologías pueden convertir el VEB en un elemento clave para el soporte a la obtención de energía de origen renovable. Estas tecnologías pretenden convertir al vehículo eléctrico (sus baterías) en elementos que pueden, además de demandar energía, verterla de nuevo en la red (ofreciendo un ahorro en los costes al propietario, si se cargan estas baterías cuando la energía es barata y las renovables funcionan a pleno rendimiento como puede ser durante el día, y verter esta energía en la red cuando hay más demanda y las renovables como la solar no generan electricidad, como podría ser por la tarde noche).

En conclusión, el VEB contribuiría a un acceso a la energía más asequible y no contaminante a la vez.

### **ODS 9. Industria, Innovación e Infraestructuras.**

Los planes de transición energética y de movilidad, como pueden ser el PNIEC y el PERTE VEC, tratan de abordar la transición hacia el VEB de forma que se generen nuevos puestos de trabajo de calidad, tanto a nivel industrial, como de I+D+I e infraestructuras.

### **ODS 13. Acción por el clima.**

El VEB, combinado con otras innovaciones y con la transformación del esquema energético hacia uno con un mix donde las energías renovables representen prácticamente la totalidad, contribuiría a una movilidad más cercana a las 0 emisiones, a la vez que se mejora la red de apoyo de las energías renovables para el consumo industrial y doméstico.

## Valoración.

Al inicio de realizar este trabajo, por un momento pensé que había abarcado demasiado, ya que creía que no encontraría fuentes suficientes y tendría que realizar cálculos propios de otras áreas (por ejemplo, para calcular el consumo que supondrían los VEBs en 2035). Sin embargo, una vez comencé a revisar bibliografía, una fuente me llevaba a otras y así pude, de manera gradual, obtener gran parte de la información que necesitaba para componer el Trabajo de Fin de Grado aquí presentado.

A pesar del gran volumen de bibliografía acerca del tema aquí tratado, ha sido difícil encontrar fuentes que ofrecieran una predicción hacia el año 2035, ya que la mayoría de las estimaciones se proyectaban hacia el año 2030, sin llegar al 2035. También me ha llamado la atención la ausencia de estudios críticos con respecto a la transición hacia el transporte eléctrico, más allá de artículos de opinión de revistas de automóviles, lo cual he echado en falta. Creo que el hecho de que los estudios elaborados realizados se hayan llevado a cabo por empresas y gobiernos interesados podría implicar un sesgo a favor del coche eléctrico. Hay que mencionar también que la transición al coche eléctrico puede tener otros motivos, no solo el climático. La adopción del vehículo eléctrico alimentado con energías renovables supone también cortar la dependencia de los combustibles fósiles y sus países productores, por lo que también se podría tratar de una decisión geoestratégica.

Otro punto digno de mención es que por el momento solo los países más avanzados tecnológicamente serán capaces de realizar esta transición, por lo que estará por ver si los países avanzados sirven como punta de lanza (mejora y abaratamiento de tecnologías, haciéndolas más asequibles) para el resto del mundo, o finalmente los beneficios del “aire limpio” quedarán únicamente sobre los países más ricos incrementando la desigualdad entre países ricos y pobres. Lo que sí es muy probable es que los vehículos viejos y contaminantes desechados en la transición al vehículo eléctrico de los países avanzados se acabarán exportando mediante el mercado de segunda mano a bajo coste a los países pobres, los cuales, muchos de ellos están experimentando un crecimiento vegetativo elevado desde hace años (actualmente África lidera el crecimiento poblacional) (Naciones Unidas, 2022) e incrementarán la demanda de este tipo de vehículos. Si se diera el caso el efecto de la transición al vehículo eléctrico a nivel global quedaría amortiguado al seguirse utilizando los vehículos antiguos en otros países.

En definitiva, para mí ha sido un proyecto interesante, tanto por el tema escogido como el aprendizaje obtenido en su realización, desde la búsqueda de información, a como estructurarla en un trabajo en base a una hipótesis, lo cual te obliga a organizar tus esfuerzos y obtener mejores resultados.

## Autoevaluación.

Este trabajo se compone de diferentes estudios llevados a cabo por gobiernos, organizaciones empresariales y grandes empresas de sectores relacionados o afectados por la transición al vehículo eléctrico y la prohibición en 2035 de vender coches con motores contaminantes.

Debido a la elevada incertidumbre que suscita dicha transformación, las previsiones de estos organismos y empresas podrían ser muy inexactas o interesadas, además de estar sujetas a una variabilidad muy elevada tanto por el número de países involucrados como por la dificultad de prever la situación económica de los países afectados de aquí a 2035, así como las nuevas tecnologías que puedan ir apareciendo a favor o en contra del vehículo eléctrico, o los cambios de gobiernos con sus correspondientes políticas que puedan ocurrir.

El trabajo se ha centrado en los costes y situación de la transición desde el punto de vista del número de vehículos esperados y la infraestructura de apoyo necesaria. Un futuro estudio sobre los costes y situación desde el punto de vista de la oferta (sector automovilístico y empresas que fabrican los cargadores eléctricos, tanto “startups” como empresas tradicionales) terminaría de dar un enfoque completo sobre la magnitud que supone la transición a este tipo de movilidad.

El reto para la confección de este trabajo ha sido filtrar y sintetizar el gran volumen de información, para plasmarla de manera ordenada y útil para el lector. El resultado final ha sido un documento que sintetiza de manera fiel las expectativas y previsiones de los sectores (públicos y privados) involucrados en la transición hacia el vehículo eléctrico, así como una visión global de la magnitud de los costes que supone. No obstante, ha sido difícil juzgar si las previsiones arrojadas por estos sectores son precisas, al existir una gran disparidad entre organismos en cuanto a las cifras o como las clasifican y presentan (no existe un criterio unificado entre estudios). Estas disparidades suponen que el trabajo se deba plantear como “un escenario plausible” en la actualidad, y que sus datos se deban someter a revisión periódicamente para evitar que queden demasiado alejados de la realidad.

## Referencias bibliográficas.

ANFAC. (2023). *Las matriculaciones caen un 5,4% en 2022, con 813.396 unidades vendidas*. <https://anfac.com/actualidad/las-matriculaciones-caen-un-54-en-2022-con-813-396-unidades-vendidas/#:~:text=Las%20matriculaciones%20de%20veh%C3%ADculos%20comerciales%20ligeros%20suman%20un%20total%20de,hasta%20alcanzar%20las%2012.184%20ventas.>

ANFAC. (2022). ANFAC. [https://anfac.com/wp-content/uploads/2023/01/ANFAC\\_Hoja-de-Ruta-2023-25.pdf](https://anfac.com/wp-content/uploads/2023/01/ANFAC_Hoja-de-Ruta-2023-25.pdf)

Antena 3 David Villareal. (2023). *España se aleja del diésel y fracasa en la transición hacia el coche eléctrico*. [https://www.antena3.com/noticias/economia/espana-aleja-diesel-fracasa-transicion-coche-electrico\\_2023012863d4bb05d3521e00015dcec6.html](https://www.antena3.com/noticias/economia/espana-aleja-diesel-fracasa-transicion-coche-electrico_2023012863d4bb05d3521e00015dcec6.html)

BBVA Research. (2021). *España | Las pensiones en los Presupuestos de 2022*. <https://www.bbvarsearch.com/publicaciones/espana-las-pensiones-en-los-presupuestos-de-2022/>

B.Mena, F.Collaguazo. (2018). *Integración de Vehículos Eléctricos en las Redes Modernas de Energía*. [https://www.researchgate.net/publication/331247275\\_Integracion\\_de\\_VE\\_en\\_las\\_Redens\\_electricas\\_modernas](https://www.researchgate.net/publication/331247275_Integracion_de_VE_en_las_Redens_electricas_modernas)

CDTI. (2023). *Funciones CDTI*. [https://www.cdti.es/index.asp?MP=6&MS=5&MN=1&r=1366\\*768](https://www.cdti.es/index.asp?MP=6&MS=5&MN=1&r=1366*768)

Consejo Europeo. (2023a). *UE climáticamente neutra en 2050* [Organismo Oficial]. UE climáticamente neutra en 2050. <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/climate-change/#:~:text=Su%20objetivo%20es%20lograr%20que,55%20%25%20de%20aqu%C3%AD%20a%202030>

Consejo Europeo. (2023b, marzo 28). *Objetivo 55*. Objetivo 55. <https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2023/03/28/fit-for-55-council-adopts-regulation-on-co2-emissions-for-new-cars-and-vans/>

Current News UK. (2021). *UKPN records 42% increase in EV chargepoints*. <https://www.current-news.co.uk/ukpn-records-42-increase-in-ev-chargepoints/>

Dirección General de Tráfico. (2022). *Parque de vehículos—Series históricas 2021*. <https://www.dgt.es/menusecundario/dgt-en-cifras/dgt-en-cifras-resultados/dgt-en-cifras-detalle/?id=00746>

ECODES. (2021). *Infraestructura de recarga en España ECODES*. [https://ecodes.org/images/que-hacemos/01.Cambio\\_Climatico/Incidencia\\_politicas/Movilidad/2021\\_02\\_Estudio\\_sobre\\_el\\_.pdf](https://ecodes.org/images/que-hacemos/01.Cambio_Climatico/Incidencia_politicas/Movilidad/2021_02_Estudio_sobre_el_.pdf)

Europa Press. (2022). *El Gobierno aprueba la subida de las pensiones en un 8,5% para 2023, con un coste de 13.600 millones*. <https://www.europapress.es/economia/laboral-00346/noticia-gobierno-aprueba-subida-pensiones-85-2023-20221227130758.html>

EY-EURELECTRIC. (2022). *Power sector accelerating e-mobility*. [https://www.eurelectric.org/media/5704/power\\_sector\\_accelerating\\_e-mobility-2022\\_eyelectric\\_report-2022-030-0059-01-e.pdf](https://www.eurelectric.org/media/5704/power_sector_accelerating_e-mobility-2022_eyelectric_report-2022-030-0059-01-e.pdf)

IAEA. (2023). *PRIS Power Reactor Information System*. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=JP>

IEA. (2023). *Global EV Outlook 2023: Catching up with climate ambitions*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/dacf14d2-eabc-498a-8263-9f97fd5dc327/GEVO2023.pdf>

Kadri Simson, EURELECTRIC. (2021). *Connecting the dots*. <https://www.eurelectric.org/connecting-the-dots/>

La Moncloa. (2023). *España mejora las previsiones y cierra 2022 con un déficit del 4,8% del PIB*. <https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/hacienda/Documents/2023/300323-Anexos-cierre-ejecucion-presupuestaria-2022.pdf>

MINCOTUR. (2021). *PERTE para el desarrollo del Vehículo Eléctrico y conectado*. <https://www.mincotur.gob.es/es-es/gabineteprensa/notasprensa/2021/documents/memoria%20descriptiva%20perte%20vec.pdf>

MITECO. (2021). *PNIEC 2021-2030*. [https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto\\_tcm30-508410.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf)

MITERD. (2023). *MOVES III*. <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/programa-moves-iii>

Naciones Unidas. (2022). *Una población en crecimiento*. <https://www.un.org/es/global-issues/population>

Nota de Prensa. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (2023). *Informe situación PERTE VEC*. <https://www.mincotur.gob.es/es-es/GabinetePrensa/NotasPrensa/2023/Paginas/20230314-estado-situacion-perte-vec.aspx>

Onda Cero. (2023, marzo 25). *Acuerdo Alemania levantar veto* [Onda Cero]. [https://www.ondacero.es/noticias/mundo/bruselas-logra-acuerdo-alemania-ley-coches-co2-podran-venderse-mas-alla-2035\\_20230325641ecbe196c07c0001a07b49.html](https://www.ondacero.es/noticias/mundo/bruselas-logra-acuerdo-alemania-ley-coches-co2-podran-venderse-mas-alla-2035_20230325641ecbe196c07c0001a07b49.html)

Organización Naciones Unidas. (2015). *17 Objetivos desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Parlamento Europeo. (2019). *Parlamento Europeo. Infograma emisiones CO2 transportes*. Parlamento Europeo. <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20190313STO31218/emisiones-de-co2-de-los-coches-hechos-y-cifras-infografia>

Parlamento Europeo. (2023). *Parlamento Europeo. Prohibición vehículos de combustión 2035*. Parlamento Europeo. <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20221019STO44572/la-prohibicion-de-vender-nuevos-coches-de-gasolina-y-diesel-a-partir-de-2035>

Raquel Blanco, Smart Mobility. (2023, marzo 23). *Raquel Blanco (Iberdrola): "Un millón de coches eléctricos utilizan menos del 1% de la electricidad de España* [Entrevista]. [https://www.elespanol.com/motor/20230323/raquel-blanco-iberdrola-electricos-utilizan-electricidad-espana/750425421\\_0.html](https://www.elespanol.com/motor/20230323/raquel-blanco-iberdrola-electricos-utilizan-electricidad-espana/750425421_0.html)

REE. (2021). *Plan desarrollo transporte energía*. [https://www.planificacionelectrica.es/sites/webplani/files/2023-02/REE\\_Plan\\_Desarrollo.pdf](https://www.planificacionelectrica.es/sites/webplani/files/2023-02/REE_Plan_Desarrollo.pdf)

REE. (2018, diciembre). *Vehículo Eléctrico. Datos básicos*. [https://www.ree.es/sites/default/files/07\\_SALA\\_PRENSA/191218\\_PRESENTACION\\_VE.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/07_SALA_PRENSA/191218_PRESENTACION_VE.pdf)

REE. (2023a). *Mix energético. Potencia instalada*. <https://www.ree.es/es/datos/generacion/potencia-instalada>

REE. (2023b). *Potencia instalada REE*. REE. <https://www.ree.es/es/datos/aldia>

Roldán, P. N. (2020). *Malthusianismo*. Economipedia. [https://economipedia.com/definiciones/malthusianismo.html?nab=1&utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://economipedia.com/definiciones/malthusianismo.html?nab=1&utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F)

Statista Research Department. (2023). *Transportation emissions worldwide—Statistics & facts*. [https://www.statista.com/topics/7476/transportation-emissions-worldwide/#topicHeader\\_\\_wrapper](https://www.statista.com/topics/7476/transportation-emissions-worldwide/#topicHeader__wrapper)

The White House. (2023). *Future of the Electric Vehicle Charging Industry*. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/02/15/fact-sheet-biden-administration-announces-new-standards-and-major-progress-for-a-made-in-america-national-network-of-electric-vehicle-chargers/>

Top Gear. (2023, febrero 15). *Los trámites burocráticos paralizan los puntos de recarga ya instalados y que no funcionan*. <https://www.topgear.es/noticias/coche-electrico/tramites-burocraticos-paralizan-puntos-recarga-ya-instalados-no-funcionan-1200356>

Transport & Environment. (2020). *Recharge EU: How many charge points will Europe and its Member States need in the 2020s.* <https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/01%202020%20Draft%20TE%20Infrastructure%20Report%20Final.pdf>