



# Repostando hacia el futuro

Cómo propulsar la economía dejando atrás el carbono

# Agradecimientos

## Equipo Analítico

Jon Stenning, Director,  
Cambridge Econometrics

Stijn Van Hummelen, Responsable de Proyecto,  
Cambridge Econometrics

Matteo Caspani, Consultor,  
Cambridge Econometrics

Shane Slater, Director, Element Energy

Michael Joos, Consultor, Element Energy

Floridea Di Ciommo, Directora,  
cambiaMO, socio analítico local

Gianni Rondinella, Consultor,  
cambiaMO, socio analítico local,

## Coordinación del proyecto

Pete Harrison, Director de Transporte,  
European Climate Foundation

Carlos Calvo Ambel, Responsable de Clima y Análisis,  
Transport & Environment

Isabell Büschel, Experta Nacional en España,  
Transport & Environment

Miriam Zaitogui Pérez, Responsable de proyectos de  
política pública, ECODES

Las organizaciones que han contribuido a este estudio han compartido el objetivo de establecer un intercambio constructivo y transparente de puntos de vista sobre los problemas técnicos y oportunidades económicas y medioambientales asociados con el desarrollo de tecnologías bajas en carbono para automóviles. El objetivo del estudio "Repostando hacia el futuro" es comprender el impacto que tendría en la economía española el cambio hacia vehículos ligeros de transporte de pasajeros con bajas emisiones de carbono, mostrando los desafíos y oportunidades de esta transición. Este estudio se ha complementado con un análisis sobre el impacto que tendría esta transición en la red eléctrica ("Análisis de sinergias e impactos en la Red Eléctrica"). Los participantes en el informe han aportado su conocimiento, experiencia y visión. La información y las conclusiones del informe han tenido en cuenta estas contribuciones pero no debe considerarse que reflejan posiciones u opiniones de las empresas y organizaciones involucradas.

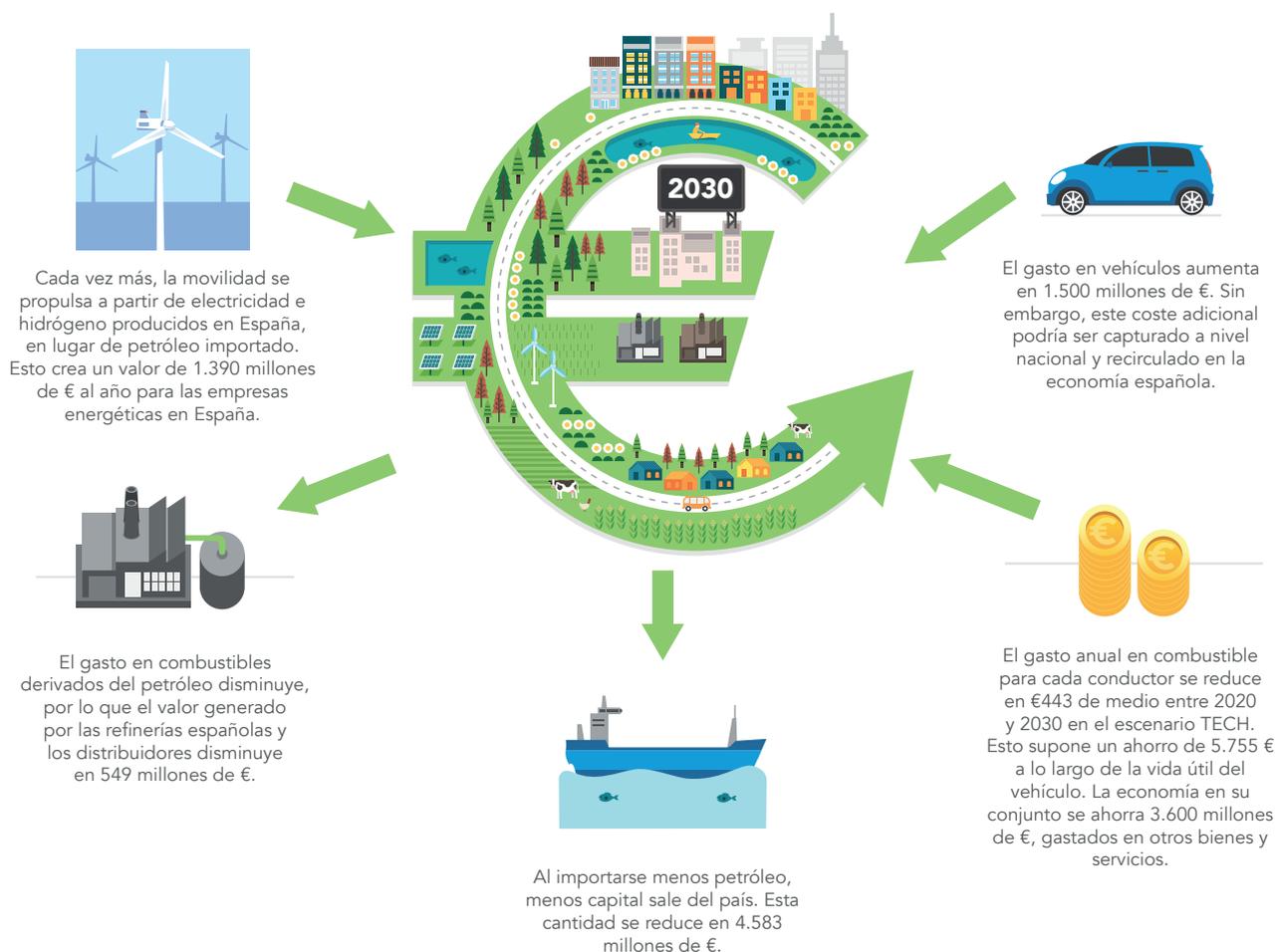


Este informe es un resumen en español de "Fuelling Spain's Future" de Cambridge Econometrics y de "Grid Synergy Analysis - Spain" de Element Energy. Estos informes pueden encontrarse en: <https://www.camecon.com/how/our-work/fuelling-spains-future/>



# Índice

- 4 Resumen ejecutivo
- 5 Introducción y metodología
- 7 Impacto en el consumidor
- 10 Impacto sobre salud y calidad del aire
- 12 Impacto sobre el clima
- 14 Impacto económico: PIB, empleo, tributación y seguridad energética
- 18 Infraestructuras
- 19 Sinergias entre el transporte y la red eléctrica
- 22 Papel del gas en la transición



# Resumen ejecutivo

Este estudio ha demostrado que mejorar la eficiencia de los turismos y el mayor uso de vehículos cero emisiones (eléctricos y de hidrógeno) contribuyen a reducir de manera considerable las emisiones de CO<sub>2</sub> y los contaminantes del aire, lo que al mismo tiempo tiene impactos positivos sobre la economía y el empleo.

La transición desde una movilidad centrada en la importación de petróleo hacia otra basada en energías limpias producidas a nivel nacional permitiría mantener miles de millones de euros en la economía española, mejorando la balanza comercial. Esta transición también crearía empleo neto, de forma que el mayor número de trabajadores en sectores como la producción e instalación de infraestructura de recarga, equipamiento eléctrico, otras manufacturas y, sobre todo, nuevos servicios, más que compensaría el menor número de empleos en la fabricación directa de vehículos que podría ocurrir en el largo plazo. Es fundamental asegurar que la transición tiene lugar de una manera justa, generando empleo de calidad y garantizando una sostenibilidad medioambiental, social y económica.

El coste final de la movilidad para los conductores españoles disminuiría. En el año 2030, el gasto anual en combustible de un coche de tamaño medio sería de media 443 € más barato que un coche en 2020, gracias a la mayor eficiencia y despliegue de coches eléctricos puros. Comparado con un coche convencional, un coche eléctrico podría ahorrar de media 1.439 € al año al consumidor en combustible y mantenimiento, lo que compensaría ampliamente el posible mayor coste inicial en la compra del vehículo.

A nivel nacional, los beneficios de la transición se estiman en un PIB 3.191 millones de euros más alto que en el escenario de referencia<sup>1</sup> en el año 2030. De éstos, 1.991 millones se explicarían debido a la reducción en las importaciones de petróleo. Así mismo, en ese año el mayor uso de vehículos eléctricos contribuiría a la creación de 23.185 empleos netos en España, comparado con el escenario de referencia.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> de los coches se reducirían en un 27,8% en 2030, y hasta un 91,6% en 2050, en comparación con el escenario de referencia. Este beneficio ambiental iría acompañado al mismo tiempo de una reducción en las emisiones tanto de partículas como de óxidos de nitrógeno de un 89% a mediados de siglo.

La transición también requeriría inversiones en nuevas infraestructuras, especialmente de recarga, así como en la red eléctrica. Sin embargo, se demuestra que si la transición incluye medidas para fomentar la carga inteligente, el impacto neto sobre el sistema eléctrico sería perfectamente manejable, desde el punto de vista de las posibles inversiones adicionales necesarias, y permitirían una mayor y más eficiente integración de renovables en la red eléctrica.

La principal conclusión de este estudio es clara, a pesar de los retos, la transición hacia vehículos cero emisiones aporta ventajas para la renta de los ciudadanos, la calidad del aire, el cambio climático y la economía española en general. Para que estos beneficios se hagan realidad, se requerirá una estrecha colaboración de las distintas administraciones, tanto local, autonómica y estatal, el sector privado y la sociedad civil.

# Introducción y metodología

España es, por un lado, el segundo mayor productor y el quinto mercado de automóviles de Europa. Por otro, en el medio plazo, debe reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores difusos, entre los que se encuentra el transporte, en un 26% en 2030, en comparación con el año 2005, lo que genera retos tanto para la industria de fabricación como para la venta al mercado final.

Se está viviendo una revolución en el tipo de vehículos que se venden en el país. En pocos años se ha pasado de vender más de un 70% diésel a un 35%. Sin embargo, los vehículos híbridos enchufables y eléctricos puros apenas suponen alrededor de un 0,6% de las ventas totales en 2017. Esto es insuficiente para alcanzar los objetivos a largo plazo, que implican reducir las emisiones prácticamente a cero en este segmento, al igual que en el resto de países europeos, para cumplir con el acuerdo de París. Todo esto en el contexto actual en el que las emisiones del transporte siguen aumentando año tras año.

Partiendo de estos factores, la European Climate Foundation (ECF) ha analizado en varios países de Europa y en el conjunto de la UE cuál sería el impacto sobre la economía, la sociedad y el medio ambiente de una transición hacia vehículos de bajas emisiones. Ahora es el turno de España.

Para este se constituyó un panel de expertos de diferentes sectores que se reunieron en cinco ocasiones para aportar sus puntos de vista al equipo analítico. Este documento resumen intenta condensar las principales conclusiones de todo el trabajo hecho durante la primera mitad de 2018.

Los aspectos metodológicos se pueden encontrar con mayor detalle en el informe técnico de Cambridge Econometrics que acompaña a este informe, y resumido de manera esquemática en la figura 1.

El estudio se hace en base a una serie de escenarios que no pretenden predecir el futuro, sino analizar qué pasaría bajo una serie de supuestos, discutidos extensamente en el seno del panel de expertos. Esta información fue incluida en un modelo de simulación de parque de vehículos. Posteriormente, la información resultante se integró en el modelo macroeconómico E3ME de Cambridge Econometrics.

El modelo E3ME tiene dos fortalezas fundamentales: por un lado, el tratamiento integrado de la economía, el sistema energético y el medio ambiente permite capturar los vínculos y retroalimentaciones entre los distintos elementos. Por otro lado, su elevado grado de desagregación permite un análisis detallado de los efectos por sectores. E3ME aporta resultados en términos de cambios a los presupuestos domésticos, el balance del mercado de la energía, consumo, PIB, empleo, emisiones de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas. A su vez estos resultados en términos de emisiones se han tratado para estimar los efectos sobre la salud.

Durante el proyecto, se acordaron cuatro escenarios diferentes que se describen a continuación. Cada escenario tiene una combinación diferente de tecnologías y reflejan un mix plausible de la composición del mercado de turismos en España en el futuro:

- Escenario de referencia (REF): sin mejoras en la eficiencia de los coches nuevos. El conjunto del parque automovilístico será un poco más eficiente ya que los vehículos antiguos e ineficientes se reemplazan con coches según los estándares actuales. Se trata de un escenario meramente instrumental que se utiliza como referencia para hacer comparaciones.

- Escenario de iniciativas políticas actuales (IPA): mejoras graduales en la eficiencia de los coches con motor de combustión interna según la visión actual de la tecnología y despliegue de los coches híbridos, híbridos enchufables y eléctricos puros para satisfacer la norma de 95 gr CO<sub>2</sub>/km para el año 2021 y una reducción de las emisiones reales de coches nuevos de un 15% para 2025 y un 30% para 2030, de acuerdo con la propuesta de la Comisión Europea.

- Escenario TEC: transición gradual hacia coches híbridos, híbridos enchufables, eléctricos puros y de hidrógeno en 2030, de forma que éstos sean los únicamente vendidos en 2050<sup>2</sup>. Se considera el escenario central, al ser el más parecido dadas la evolución tecnológica y de políticas previstas.

- Escenario TEC rápido: transición rápida hacia un parque dominado por híbridos enchufables y eléctricos puros en 2030. Después de 2030, el mercado estará dominado por eléctricos puros, aunque habrá también híbridos enchufables de mayor autonomía en eléctrico y de hidrógeno<sup>3</sup>. En este escenario se produce una evolución tecnológica más rápida.

Por último, el análisis se ha complementado con una sensibilidad que incluye el uso de gas natural y renovable en turismos en el caso más extremo: máximo despliegue de coches a gas y uso de biometano en su máximo potencial técnico, explicado en más detalle en la sección "Papel del gas en la transición".



Figura 1. Descripción general del enfoque usado en el modelado del proyecto.

# Impacto en el consumidor

Los escenarios trazados tienen un impacto sobre el consumidor y sus decisiones de compra de vehículos. Si en ocasiones se ha argumentado que los consumidores no estiman correctamente algunos factores relevantes de cara a sus decisiones de compra, al no tener en cuenta el coste total a lo largo de toda la vida útil, esta dificultad aumenta cuando hay incertidumbre respecto a los precios futuros. Incertidumbre, por ejemplo, respecto al precio en el futuro de la energía, el coste de la tecnología o la depreciación.

De acuerdo con el escenario TEC, en el año 2020 el coste total de la propiedad<sup>4</sup> de un turismo mediano a cuatro años, que es el que afecta las decisiones de compra, resulta todavía ligeramente más alto (unos 2.000 €) en el caso de un vehículo eléctrico puro que en el caso de un vehículo con motor de combustión interna, aunque este último presenta unos mayores costes de combustible.

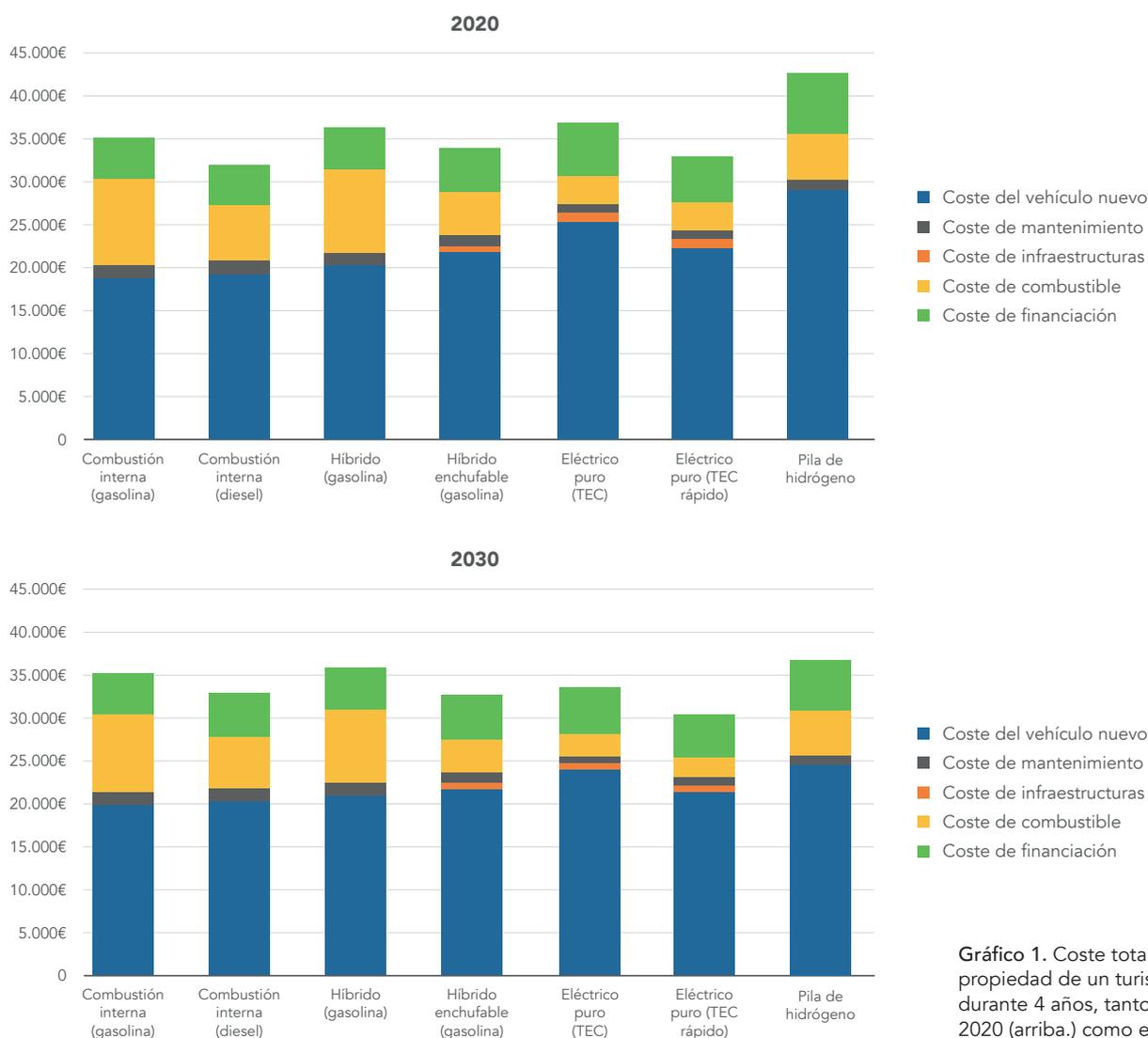


Gráfico 1. Coste total de propiedad de un turismo durante 4 años, tanto en 2020 (arriba.) como en 2030 (abajo.) para un turismo nuevo mediano.

En el escenario TEC, en 2030, las mejoras de la eficiencia de los combustibles y la tecnología implican que todos los tipos de vehículos, excepto los de hidrógeno, tienen un coste total de la propiedad a cuatro años menor que el que tenía el de motor de combustión interna en 2020.

En el estudio se han hecho varios análisis de sensibilidad, siendo el más relevante el de los costes de combustible dada la incertidumbre asociada a la evolución de los mismos. Se han analizado tres escenarios de precio: uno central, y otros dos en los que los costes de todos los combustibles eran un 25% más altos y un 25% más bajos. Por ejemplo<sup>5</sup>, en

este último caso, se traslada a una ganancia adicional para los vehículos eléctricos de 842 € en 2020, al introducirse un precio de la electricidad más bajo. Al aplicarse el mismo análisis a todos los combustibles, no se pueden comparar directamente los distintos trenes motrices. En este caso, si el precio de la electricidad baja, no significa que el precio de la gasolina también baje, y viceversa.

Ahora bien, si se considera el conjunto de la vida útil del vehículo, y no solo los primeros cuatro años, los coches eléctricos puros e híbridos enchufables convergen en costes con los vehículos de combustión interna hacia 2030, en un horizonte en el que incluso los vehículos diésel se verían batidos en costes.

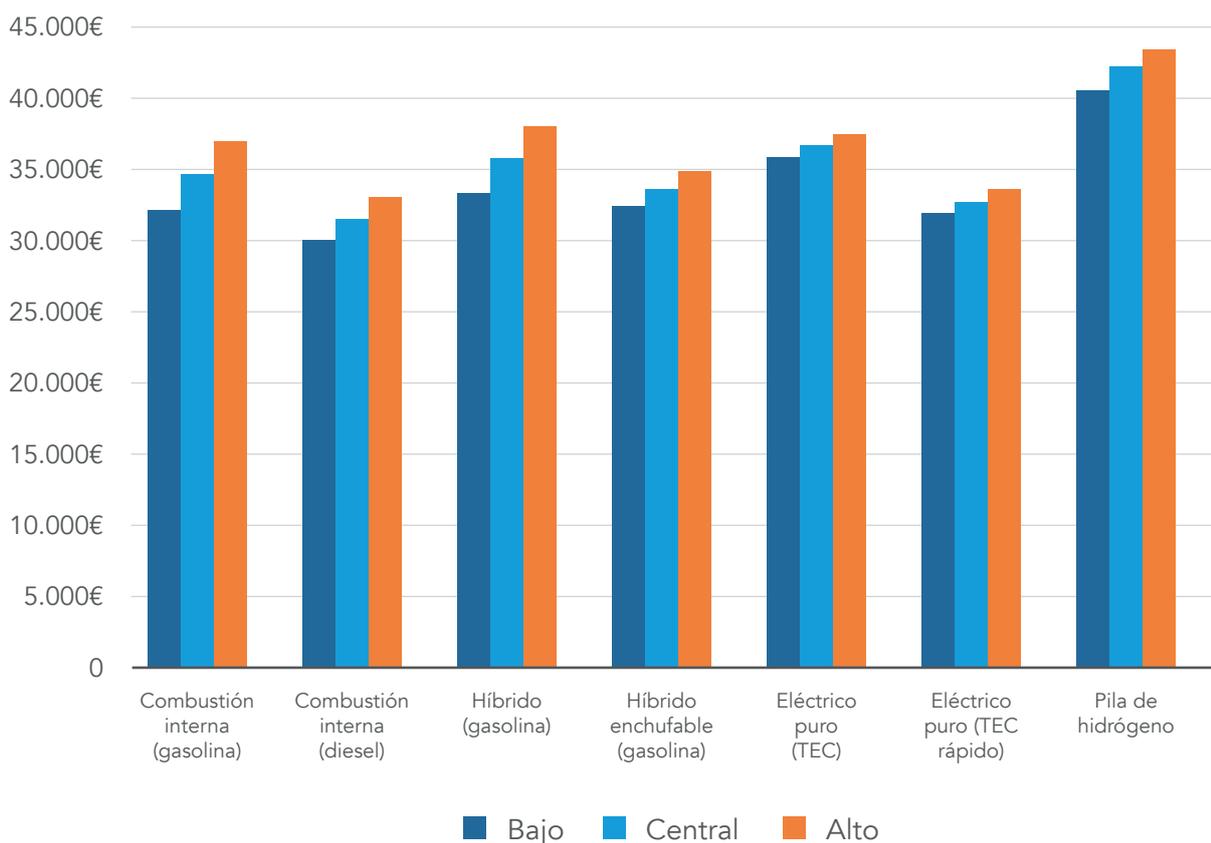
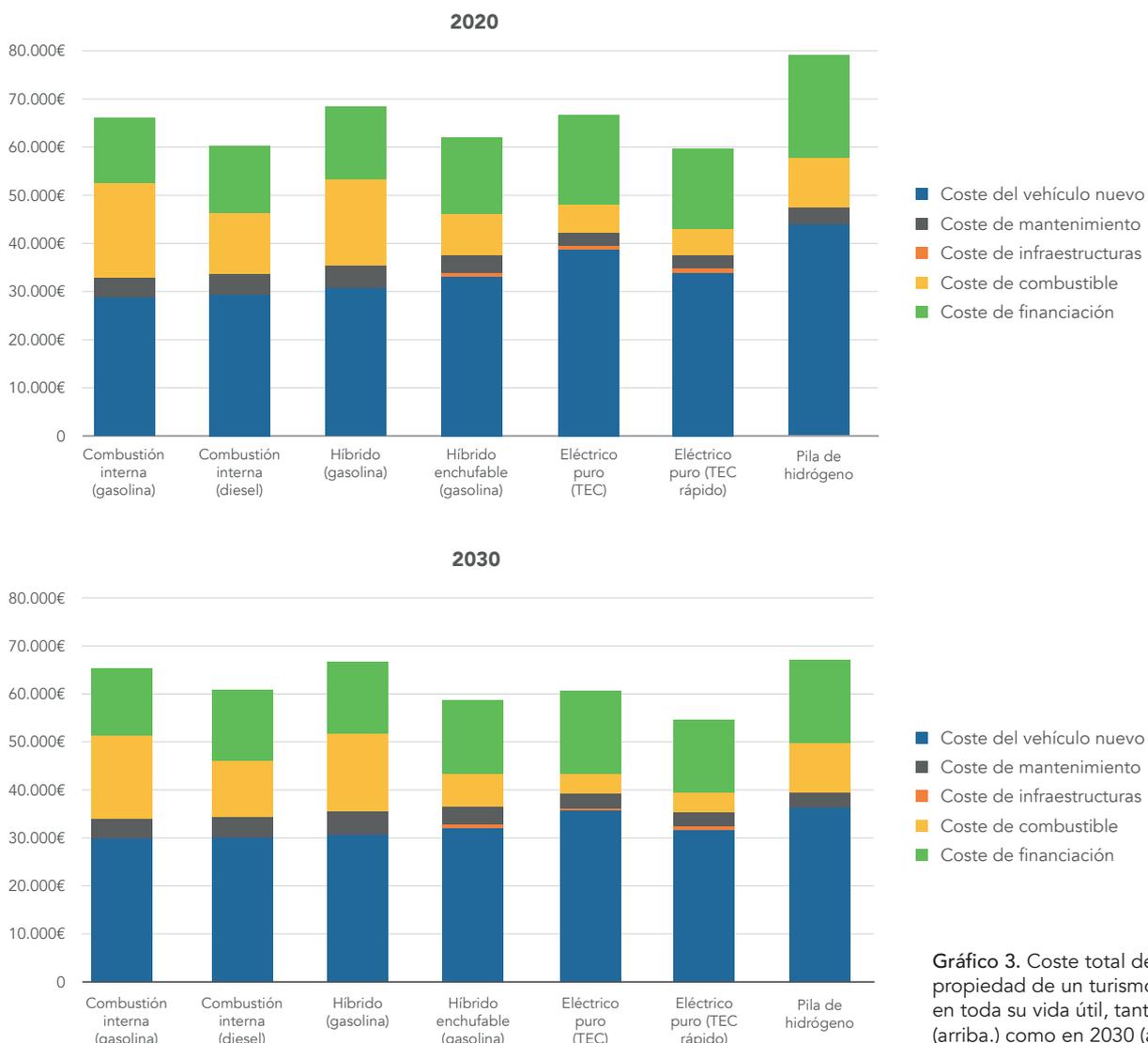


Gráfico 2. Coste total de propiedad de un turismo mediano durante 4 años en 2020 según distintos escenarios de precios de combustible.

Los costes de los vehículos de pila de hidrógeno convergen mucho más gradualmente, dado su elevado coste actual y a pesar de su reducción moderada a futuro.

Debe señalarse que la opción más competitiva en 2030 son los vehículos eléctricos puros, si bien algunos expertos sugieren que este escenario podría adelantarse. Así, en el escenario TEC Rápido, el desarrollo tecnológico, unido a los menores costes de las baterías, llevan a que se conviertan en los vehículos más económicos ya en 2020. Otros costes no incluidos en el modelo, como exenciones en los impuestos de matriculación y circulación o en los costes de aparcamiento en las grandes ciudades, aumentarían el diferencial en el coste total de propiedad en favor de los vehículos bajos en emisiones.

En definitiva, en el escenario TEC Rápido, con la infraestructura necesaria disponible, la demanda de vehículos eléctricos por parte de los consumidores se considera un acto de racionalidad económica. Habrá un impacto positivo en el consumidor medio, para el cual la propiedad y el uso de los vehículos resultarán más asequibles entre 2020 y 2030, al igual que se observa en el escenario TEC. Siempre que las políticas públicas acompañen estas nuevas realidades, los consumidores contarán con una mayor renta disponible para destinar a otros bienes y servicios, consolidando este impacto positivo en la economía.



**Gráfico 3.** Coste total de propiedad de un turismo en toda su vida útil, tanto en 2020 (arriba) como en 2030 (abajo) para un turismo nuevo mediano.

# Impacto sobre salud y calidad del aire

Los automóviles producen NOx y partículas, contaminantes atmosféricos con consecuencias muy perjudiciales para la salud humana. Según las estimaciones del estudio, el parque automovilístico español emite anualmente unas 115.000 toneladas de NOx y unas 3.600 toneladas de partículas.

Las emisiones de NOx producen prevalentemente enfermedades como asma y en algunos casos, bronquitis o incluso edemas pulmonares. El monóxido de nitrógeno (NO) es causa de edema pulmonar y de efectos en la sangre debido a la formación de metahemoglobina. Por otro lado, el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) causa irritación en los ojos, las membranas mucosas y los pulmones, y agudiza las enfermedades respiratorias como asma, alergias, irritaciones y bronquitis, estimándose el número de muertes prematuras en España causadas por NO<sub>2</sub> en 6.740 en 2014; también forma partículas pequeñas (PM<sub>2,5</sub>) al reaccionar en la atmósfera. Respecto a

las micro partículas (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>), se estima que fueron responsables de 17.190 muertes prematuras en España<sup>6</sup>. Según la Agencia Europea de Medio Ambiente, entre el 90 y el 95% de los europeos han estado expuestos a niveles de PM<sub>2,5</sub> por encima de los niveles de referencia sugeridos por la Organización Mundial de la Salud, mientras que alrededor del 80% han estado expuestos a niveles demasiado elevados de PM<sub>10</sub><sup>7</sup>. Especialmente las partículas más pequeñas, al inhalarse, producen enfermedades graves (asma o enfermedades cardiopulmonares e infartos cerebrales), con consecuencias también cancerígenas en caso de exposiciones prolongadas<sup>8</sup>.

Por la gravedad de los impactos que las dos tipologías de contaminantes producen, en este estudio nos centramos en ellas sobre todo en las dos áreas urbanas donde su impacto es más elevado, Madrid y Barcelona. En cada una estimamos el coste sanitario relativo a los ingresos hospitalarios de las enfermedades correspondientes.

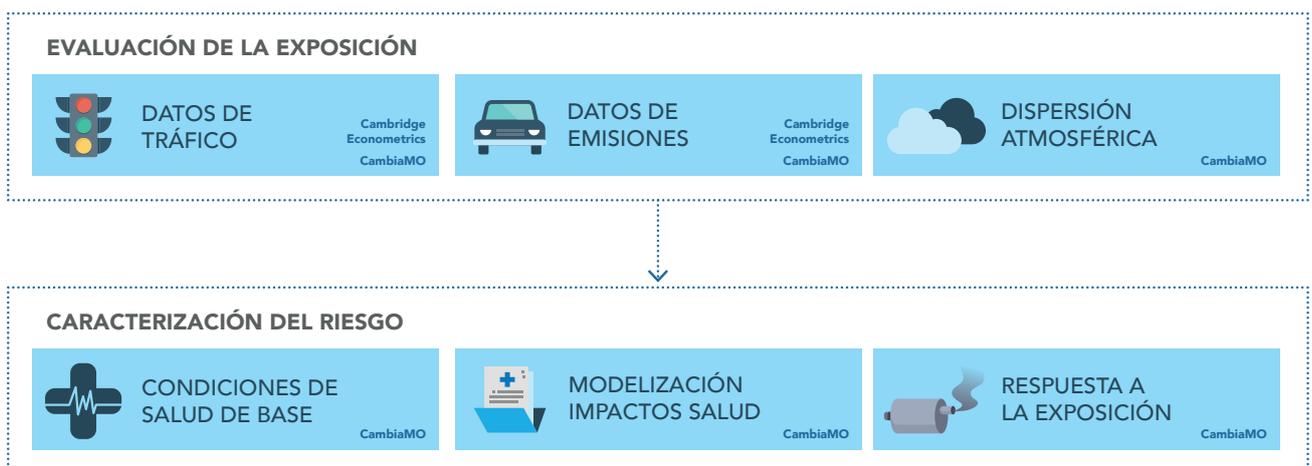


Figura 2. Descripción enfoque específico usado en el impacto sobre la salud.

El monitoreo de la calidad del aire en Madrid muestra que los límites son típicamente excedidos en la proximidad de las vías y carreteras con más tráfico, sugiriendo que el transporte está detrás de esta contaminación. Siguiendo la metodología de impacto del tráfico sobre la salud<sup>9</sup>, la morbilidad relacionada con asma y bronquitis de la población en Madrid por NO<sub>x</sub> en 2017 se eleva a 14.073 casos, que representa el 0,4% de la población, y el incremento de las urgencias hospitalarias durante los picos de contaminación por NO<sub>x</sub> implica un coste sanitario de 56.770.240 euros<sup>10</sup>.

Por otro lado, las partículas son el principal problema de Barcelona dada su geografía y meteorología. En este caso, las estimaciones indican que la morbilidad causada por la contaminación para el sistema sanitario se reduce del 36% (32.700 casos por año) cuando se consigue respetar los límites europeos de 40 mg/m<sup>3</sup> <sup>11</sup>.

Cambiar a vehículos de bajas emisiones de carbono reduciría paulatinamente las emisiones de NO<sub>x</sub> de los automóviles en un 1% en 2020 y en un 6% en 2025 en el escenario Tech, y de partículas en un 3% en 2025. A largo plazo, las emisiones de tanto NO<sub>x</sub> como de partículas se reducirían en un 89% en 2050, puesto que los vehículos eléctricos y de hidrógeno no generan NO<sub>x</sub> ni apenas partículas (gráfico 4).

Otro contaminante del tráfico urbano es el ruido. Este estudio no se ha centrado específicamente en la estimación de los niveles de ruido producido por el tráfico urbano. Sin embargo, éste es causa de enfermedades como ataques de corazón y estrés y produce más de 1.000 muertes prematuras al año en España<sup>12</sup>. La transición al vehículo bajo en emisiones disminuye la producción de ruido.

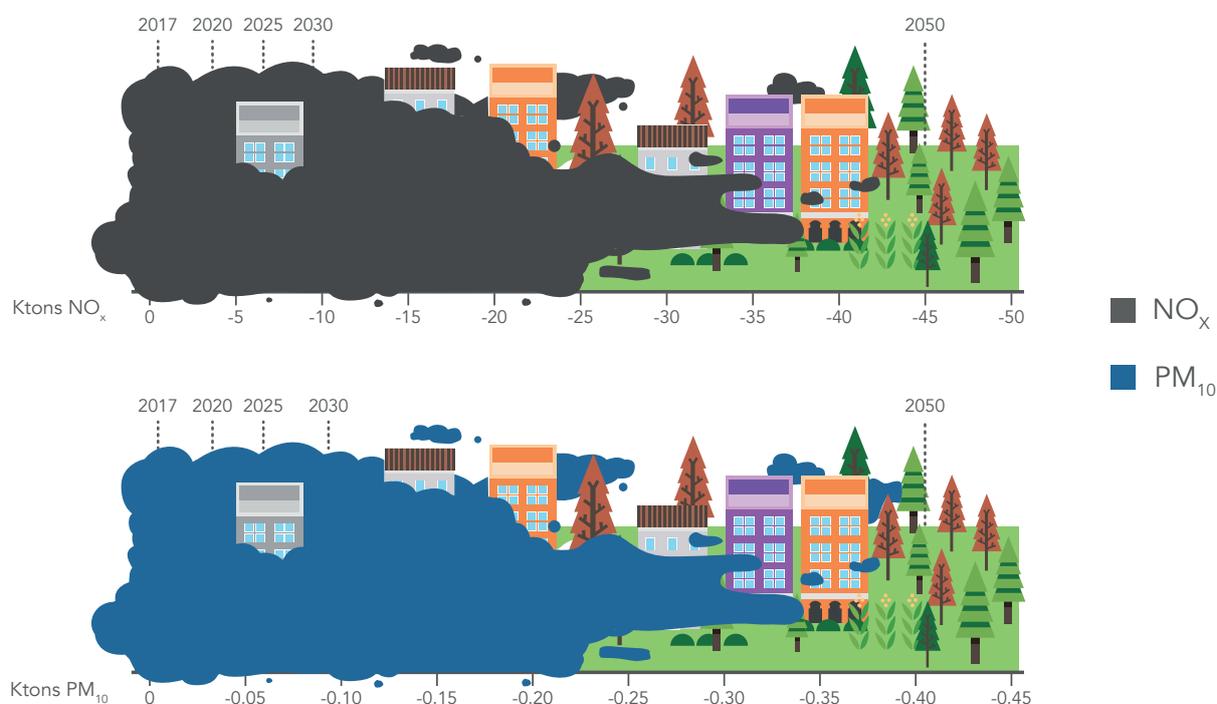


Gráfico 4. Impacto en reducción de contaminantes (ahorros), en miles de toneladas, comparando el escenario REF con el TEC.

# Impacto sobre el clima

Las emisiones de gases de efecto invernadero de los turismos están directamente relacionadas con el tipo de tren motriz dominante. En el escenario central (TEC, ver Gráfico 5), el parque de vehículos pasa de estar dominado por vehículos de combustión interna a otro en el que la mitad de los vehículos nuevos en 2030 serán híbridos, híbridos enchufables, eléctricos puros y de hidrógeno. En 2040, ya no se venderían coches con motor de combustión interna. Sin embargo, el parque en España, incluso en 2050, contaría con vehículos que usan combustibles fósiles, debido al tiempo necesario para renovar el total de la flota, como se puede ver en el Gráfico 5.

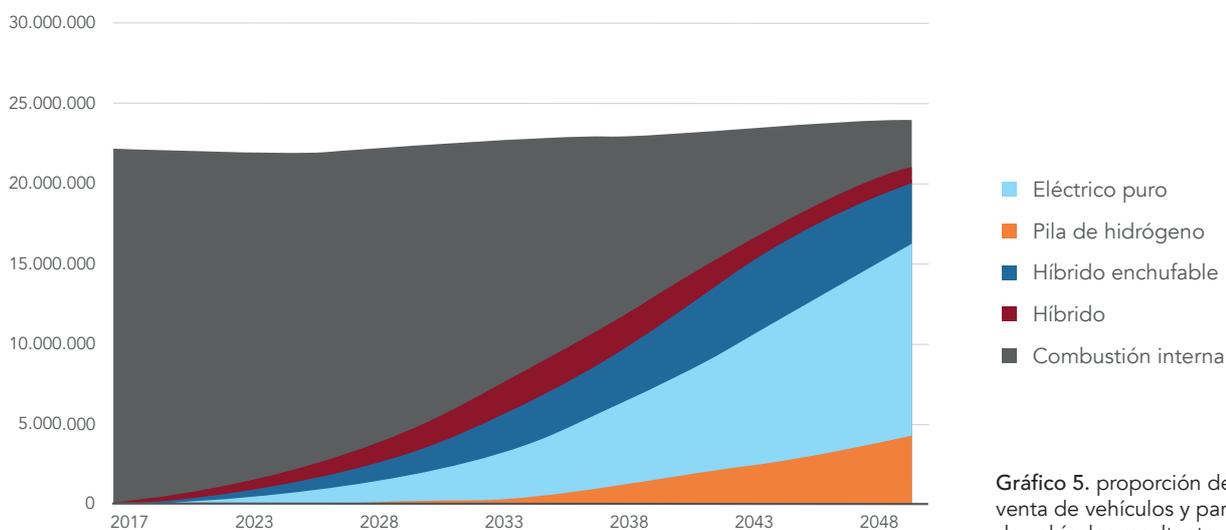
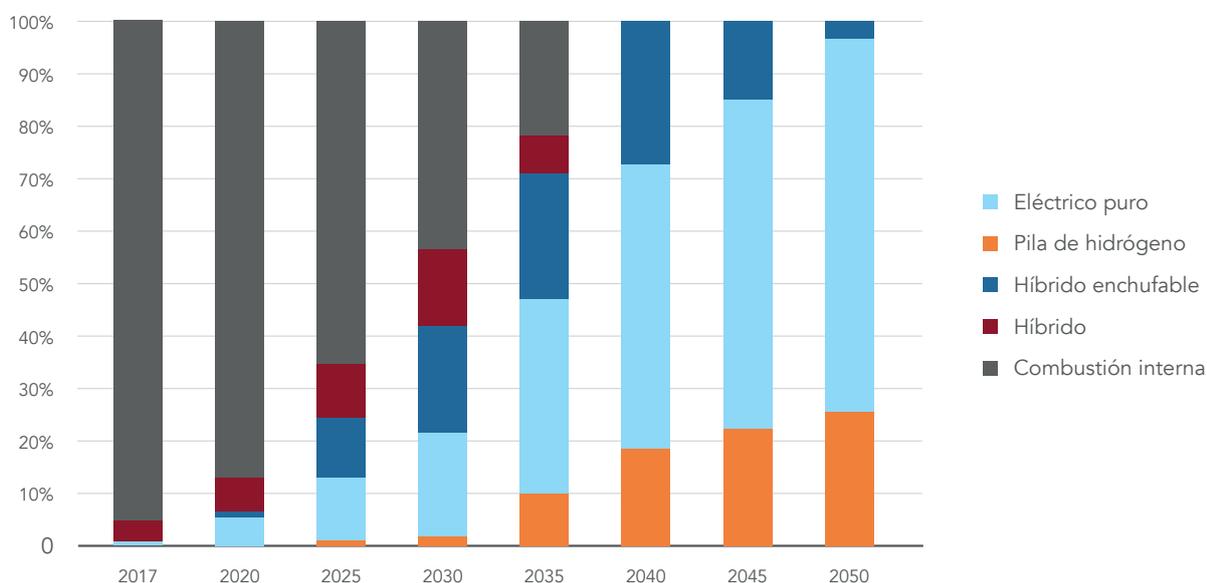


Gráfico 5. proporción de venta de vehículos y parque de vehículos resultante en el escenario TEC.

En el escenario central, las emisiones directas totales de CO<sub>2</sub> de los turismos se reducen de 50 millones de toneladas (Mt) en 2017 a 37 Mt en 2030 (lo que supone una reducción del 34% frente al año 2005) y a 5 Mt en 2050 (Gráfico 6). Aunque el estudio sólo analiza emisiones directas, se asume igualmente una progresiva descarbonización del mix eléctrico.

El estudio se ha centrado exclusivamente en cómo descarbonizar los turismos existentes. Sin embargo, una hipótesis clave del estudio es que no aumentan ni la demanda ni las ventas de vehículos nuevos. Tampoco se tienen en cuenta los posibles cambios en la movilidad, como por ejemplo el impacto de los vehículos autónomos o nuevas fórmulas de movilidad compartida. Por otro lado, expertos del grupo resaltaron también la importancia del papel de un transporte público de calidad en la transición, haciendo que su utilización ofrezca más garantías en términos de comodidad, tiempos, rutas, horarios, accesibilidad, precios e información al usuario de la necesidad de reducir la contaminación a través de una movilidad sostenible.

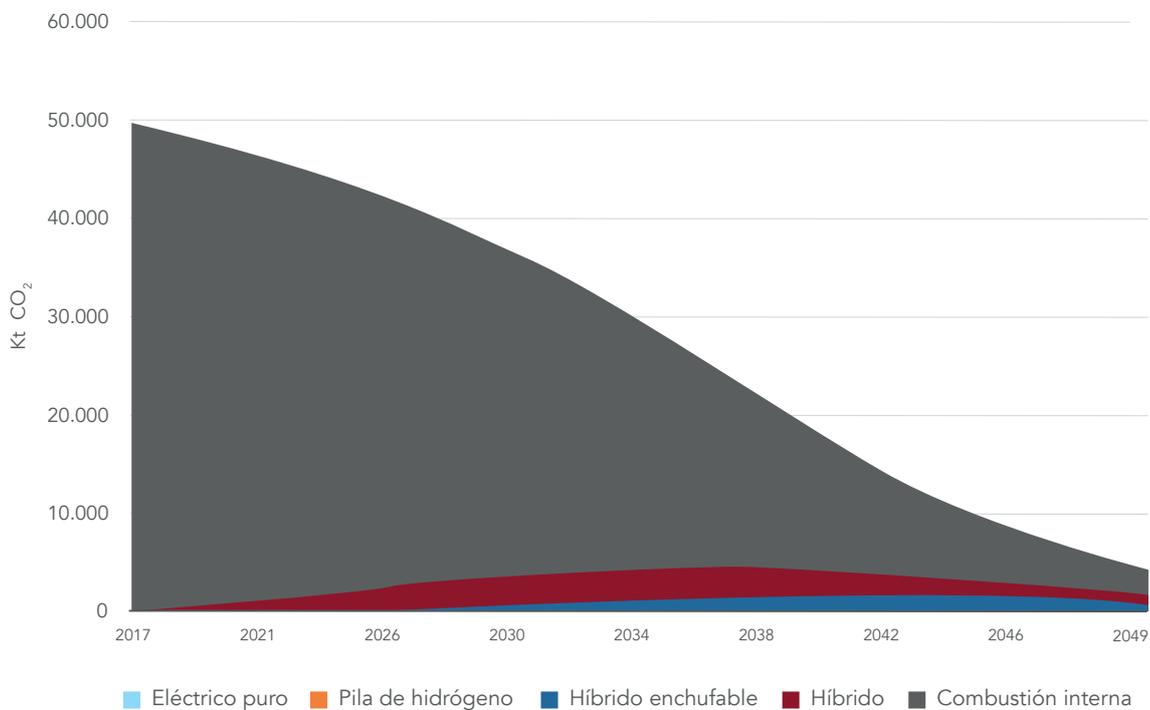


Gráfico 6. Emisiones de CO<sub>2</sub> directas en el escenario TEC.

# Impacto económico: PIB, empleo, tributación y seguridad energética

El estudio ha calculado el impacto sobre el PIB de cada uno de los escenarios. El modelo macroeconómico empleado arroja un resultado que se caracteriza por obtener un PIB más alto en los escenarios TEC y TEC rápido, en relación al escenario de referencia.

Para el año 2050, las ganancias de PIB son sustancialmente superiores en los escenarios TEC y TEC rápido, en comparación con el escenario IPA. Por su parte, TEC y TEC rápido tienden a converger en el largo plazo.

La mejora de la eficiencia en los trenes motrices de los vehículos conduce a una reducción sustancial en el consumo total de energía, con una mayor demanda eléctrica y un ahorro acumulado en las importaciones de petróleo. El impacto positivo en la balanza comercial que esto último conlleva se refleja en el PIB.

Un PIB al que también se traslada el efecto multiplicador de la inversión de infraestructuras, y sobre el que se verifica un impacto positivo sobre el empleo. Convertir el gasto en gasolina y gasóleo en gasto en otras fuentes de energía, sobre todo renovable y autóctona, además de dejar renta disponible para consumir otros bienes y servicios o para invertir en tecnología, sustituye una cadena de suministro de bienes y servicios con gran presencia de importaciones por otra cadena de valor con una mayor participación doméstica, también posibilita un mayor efecto multiplicador y genera empleo neto.

En relación con el empleo, se generan puestos de trabajo adicionales en sectores clave de la economía, como el sector servicios y el sector energético y, a corto y medio plazo, la fabricación de vehículos y sus cadenas de suministro. La comparación entre el escenario TEC y el escenario REF resulta esclarecedora en ese sentido.

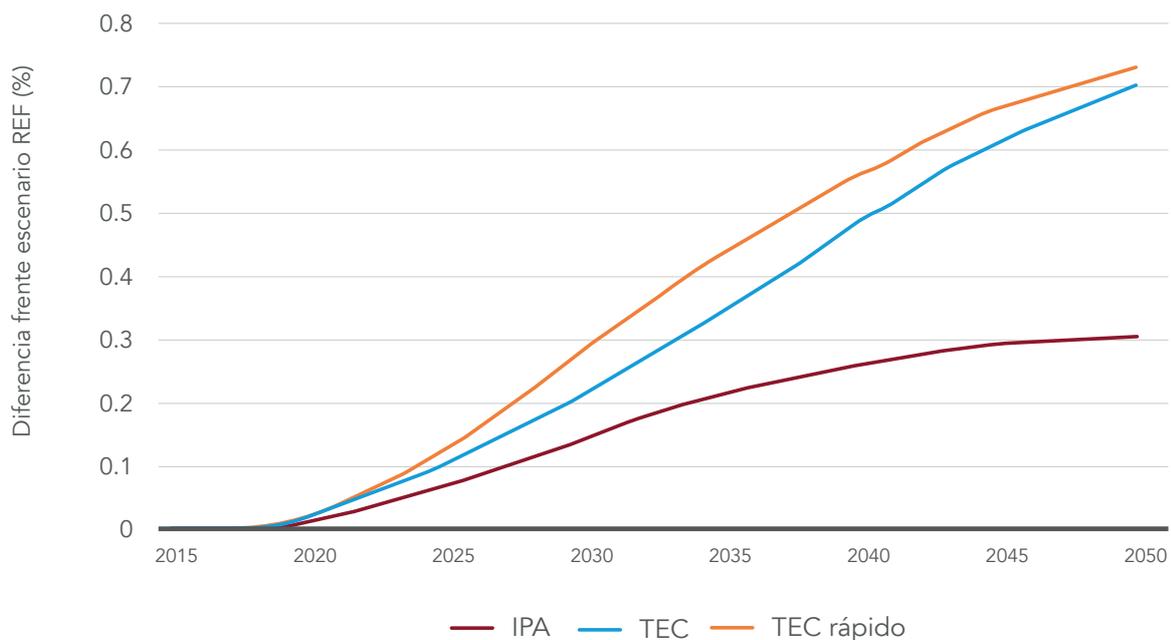


Gráfico 7. Impacto en el PIB de los escenarios centrales en relación a Ref.

Ahora bien, habrá un impacto diferenciado a largo plazo sobre cada uno de los sectores, lo que deberá ser objeto de políticas al efecto para acompañar la transición, que consideren, entre otros aspectos, la calidad del empleo y el equilibrio territorial, siguiendo las directrices generales para una transición justa<sup>13</sup>. Una transición que, en todo caso, encuentra a su favor un número de empleos netos que aumentan y una mayor intensidad del trabajo en los sectores en los que éstos se crean, existiendo por tanto un espacio para generar transformaciones respetuosas con los trabajadores y las comarcas afectadas. Unas transformaciones que, bajo un enfoque proactivo en lugar de reactivo, puedan planificar estos impactos para que haya medidas y financiación suficiente, con objeto de que los afectados accedan a un puesto de trabajo equivalente al que hayan perdido, tanto por remuneración como por calidad.

De un análisis del empleo por sectores se desprende que, si la intensidad del empleo en un sector de la economía se mide como puestos de trabajo por valor añadido de 1 millón de euros, el sector de la producción de combustibles posee una baja

intensidad del empleo, muy inferior a la del sector servicios y la de los equipos eléctricos. Por ello, cuando la actividad económica se desplaza desde el sector petrolero a otros sectores de la economía, no puede sino generarse un aumento neto del empleo, favoreciendo el PIB.

Debe señalarse que, debido al menor consumo de hidrocarburos, los ingresos por el impuesto de hidrocarburos se reducen, de ahí la necesidad de abordar, desde el modelo macroeconómico, el impacto fiscal sobre el Estado de esta transición. El impuesto de hidrocarburos no constituye, pese a todo, una parte sustancial de la base impositiva total del Gobierno.

Del estudio realizado se desprende que, en el 2030, en el escenario TEC, los ingresos por el impuesto de hidrocarburos se reducirían en 3.194 millones de euros con respecto al escenario REF (gráfico 10). Esta cantidad se compensa parcialmente a través del incremento del PIB, que hace aumentar la recaudación en los impuestos directos e indirectos, así como en la cotización a la seguridad social. El resto de los impuestos no percibidos pueden

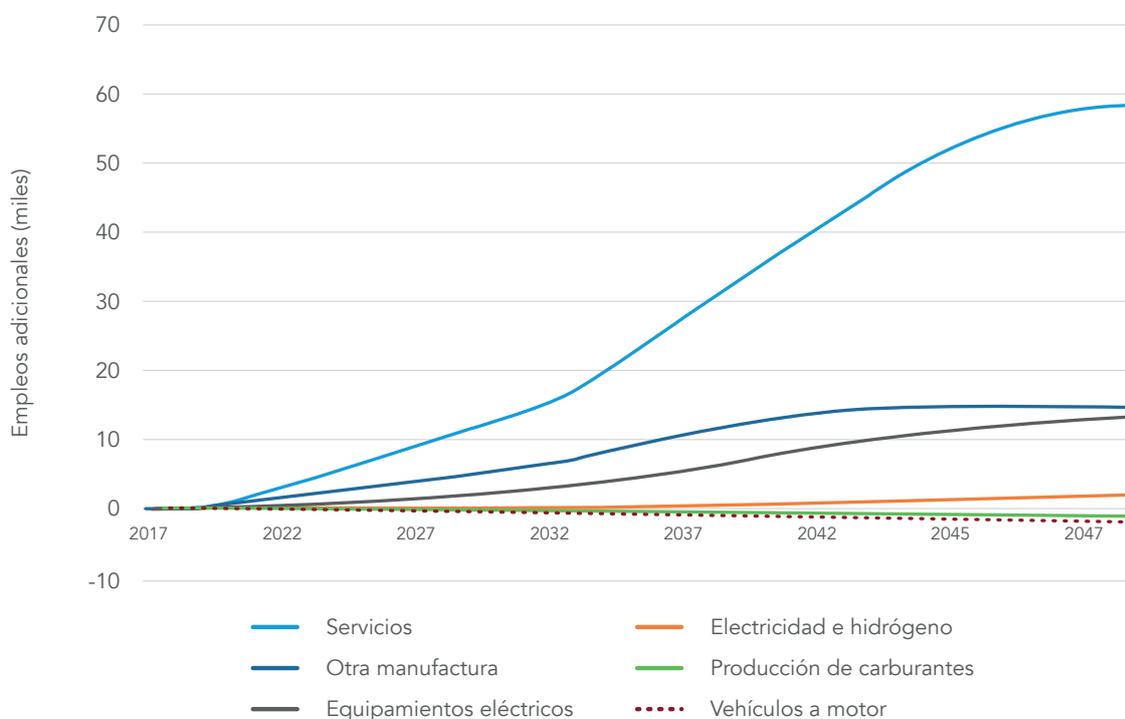


Gráfico 8. Impacto en el empleo por sector, en miles de empleos adicionales, comparando el escenario REF con el TEC.

abordarse con cambios en otros impuestos, sean en el transporte o en la economía general, evitando mermar los ingresos estatales y permitiendo al mismo tiempo contribuir al nuevo impulso económico. La escala de los cambios necesarios en los ingresos fiscales se considera en este sentido manejable. Asimismo, la magnitud de los ingresos a compensar sería menor de tener en cuenta que un pronunciado descenso en la contaminación implica un descenso en su coste económico y, por tanto, un descenso del gasto público (coste sanitario y bajas laborales)<sup>13</sup>.

Por último, cualquier visión desde el punto de vista de los beneficios que supondría para el Estado el desarrollo de estos escenarios progresivamente exentos de carbono se encontraría sesgada de no tener en cuenta la seguridad energética. La condición de España de "isla energética", escasamente interconectada, y su dependencia de los recursos provenientes del exterior, permean el conjunto de la estrategia de seguridad energética del Estado. De la misma forma, en el contexto comunitario, la creciente dependencia de importaciones de petróleo consideradas de riesgo ha sido motivo de preocupación geopolítica.

El consumo total de energía (gráfico 11), en el escenario TEC, se reduciría debido a que los vehículos estarían dotados de trenes motrices más eficientes. La demanda de combustibles fósiles disminuiría, incrementándose la demanda de electricidad e hidrógeno, ambos de producción local. Dos tipos de repercusiones se asociarían a este escenario: un descenso de las importaciones que incidiría positivamente en la balanza comercial, ya comentado en apartados anteriores; y una mayor seguridad energética.

En 2030, una menor demanda de gasolina y diésel (gráfico 12) para los turismos supone en el escenario TEC una reducción total en las importaciones de petróleo cuantificable en 186 millones de barriles de petróleo equivalente, en comparación con el escenario REF. Este ahorro se ve muy superado en el horizonte 2050, totalizando un ahorro de 1.843 millones de barriles para el periodo 2017-2050. El escenario TEC rápido mostraría aún mayores reducciones en las importaciones para el periodo 2020-2040, al posibilitar una transición más rápida a trenes motrices avanzados.

En definitiva, esta mayor seguridad energética, que vuelve menores los riesgos futuros, implicará beneficios económicos adicionales para el Estado, además de aliviar la balanza comercial española, hoy deficitaria.

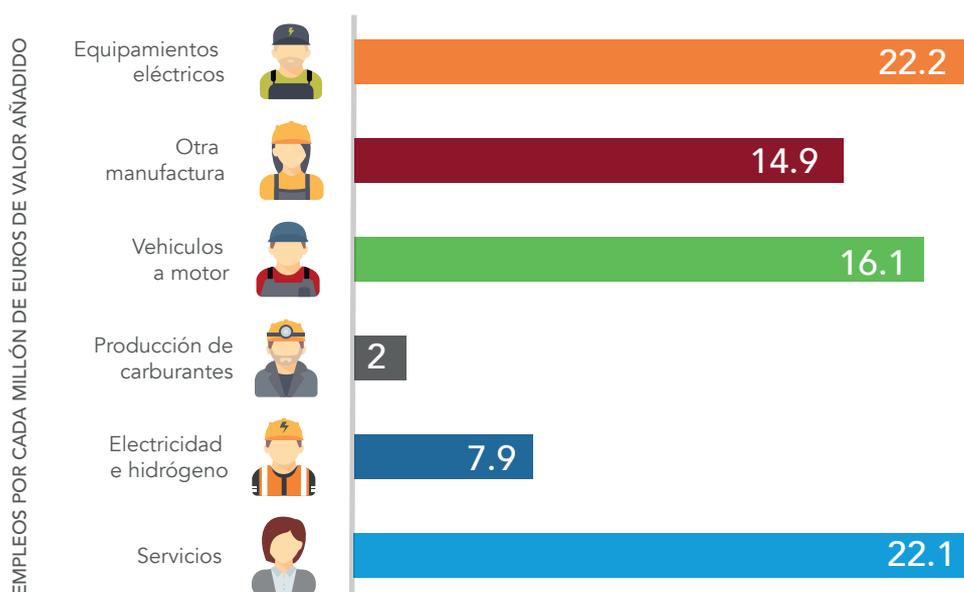


Gráfico 9. Impacto en el empleo por sector.

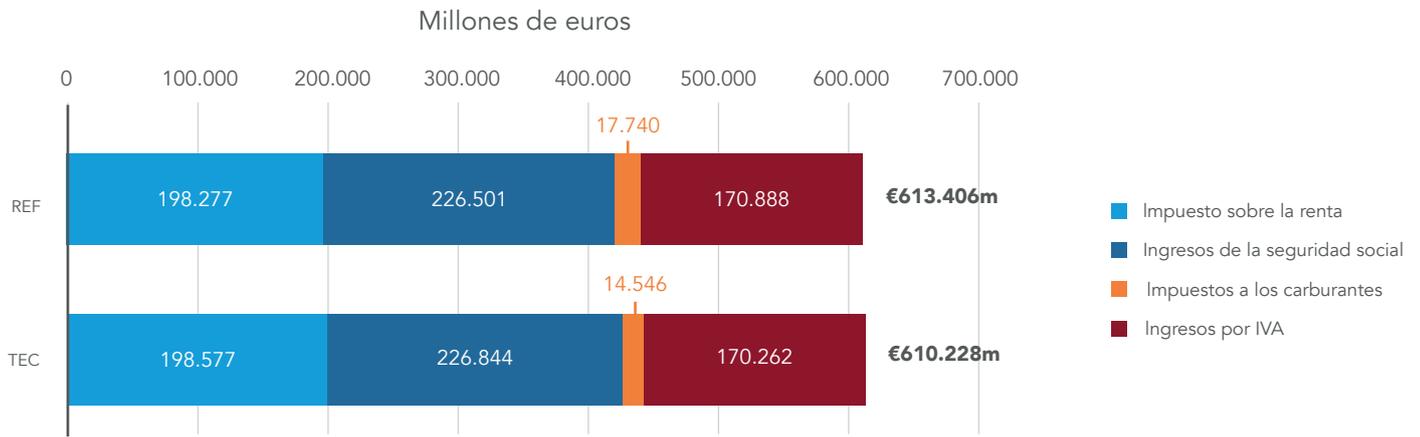


Gráfico 10. Ingresos fiscales totales del gobierno en 2030.

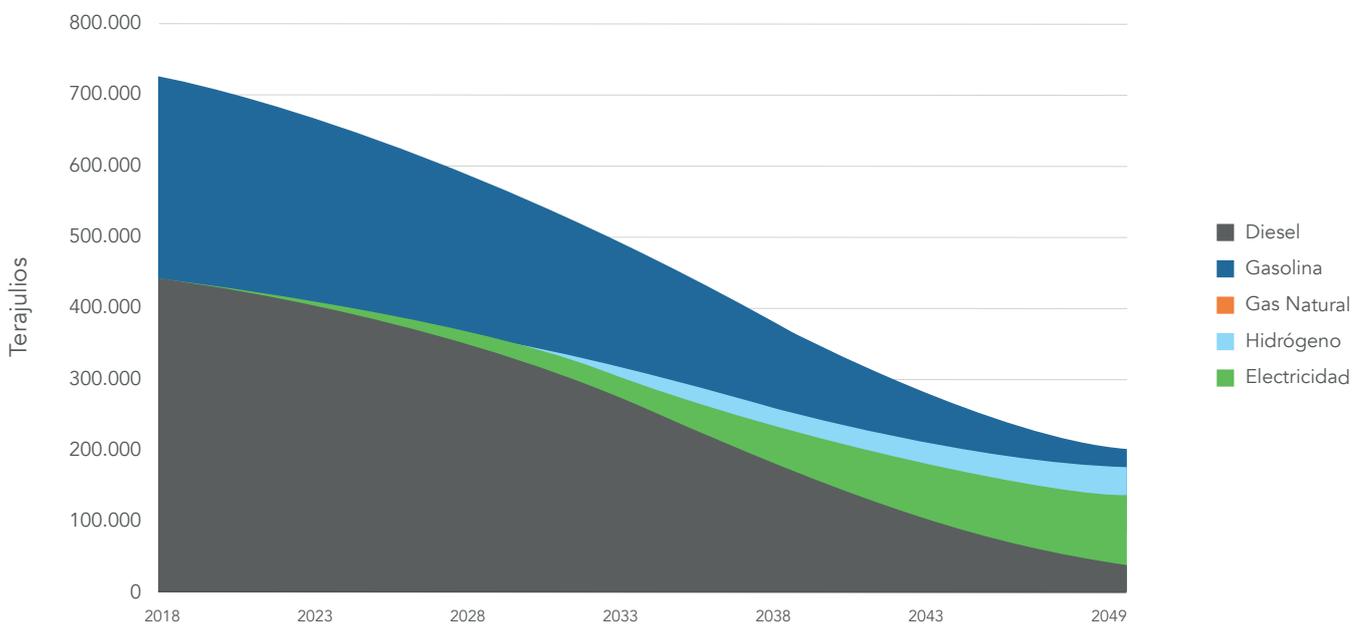


Gráfico 11. Consumo total por tipo de combustible en el escenario TEC.

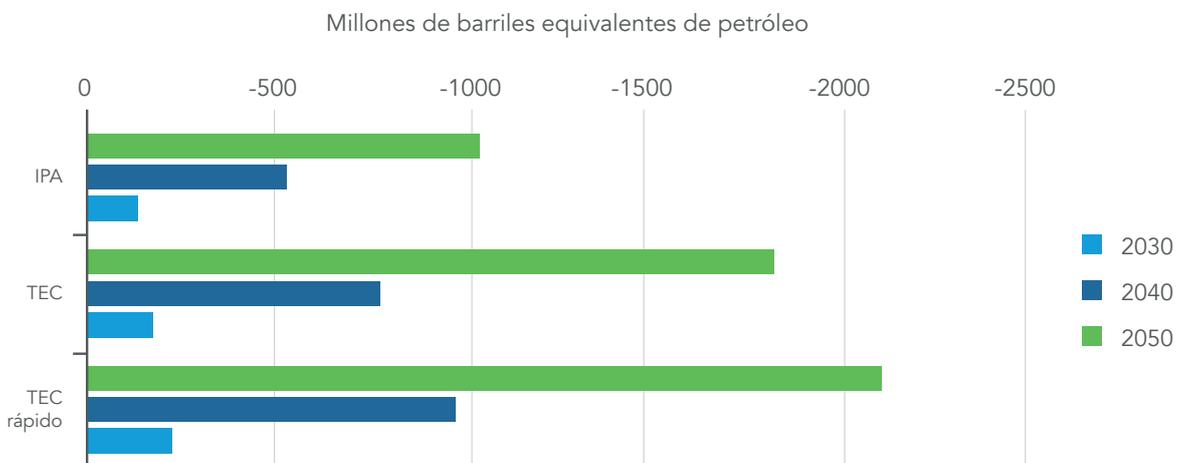


Gráfico 12. Ahorro acumulado en las importaciones de petróleo.

# Infraestructuras

La utilización de vehículos cero emisiones requiere la existencia de una infraestructura de recarga, que incluye carga doméstica, en los centros de trabajo y ocio, puntos de recarga rápida y ultrarrápida y puntos de abastecimiento de hidrógeno.

En este estudio se ha estimado una densidad de puntos de recarga relacionada directamente con el número de vehículos eléctricos en el parque. Se ha considerado que habrá un punto de recarga residencial o en el centro de trabajo por cada vehículo eléctrico, mientras que habrá dos puntos de carga públicos en las zonas urbanas por cada diez vehículos eléctricos en circulación. Por último, en las autopistas habrá uno por cada 500 vehículos, en línea con los anteriores estudios realizados.

La conclusión principal es que en el período hasta 2030, se requieren 3.946 millones de euros de inversión en infraestructura de recarga de vehículos

eléctricos. De éstos, 2.428 millones de euros son para proporcionar una infraestructura de carga pública (cargadores públicos lentos y cargadores rápidos en autopistas) en el período hasta 2030. El estudio asume que estos costes son asumidos por el consumidor final como parte del coste del vehículo eléctrico.

Por otro lado, la inversión acumulada total en la infraestructura de reabastecimiento de hidrógeno en el escenario TEC requiere 377 millones hasta 2030. Las estaciones de reabastecimiento de tamaño reducido (entre 200 y 500 kg / día) se eliminarán gradualmente después de 2030, en beneficio de las estaciones con mayor capacidad (1000 kg / día). Los requisitos son más sustanciales en el período comprendido entre 2030 y 2040; se requieren 2.544 millones de euros de inversión en infraestructura de reabastecimiento durante este período.

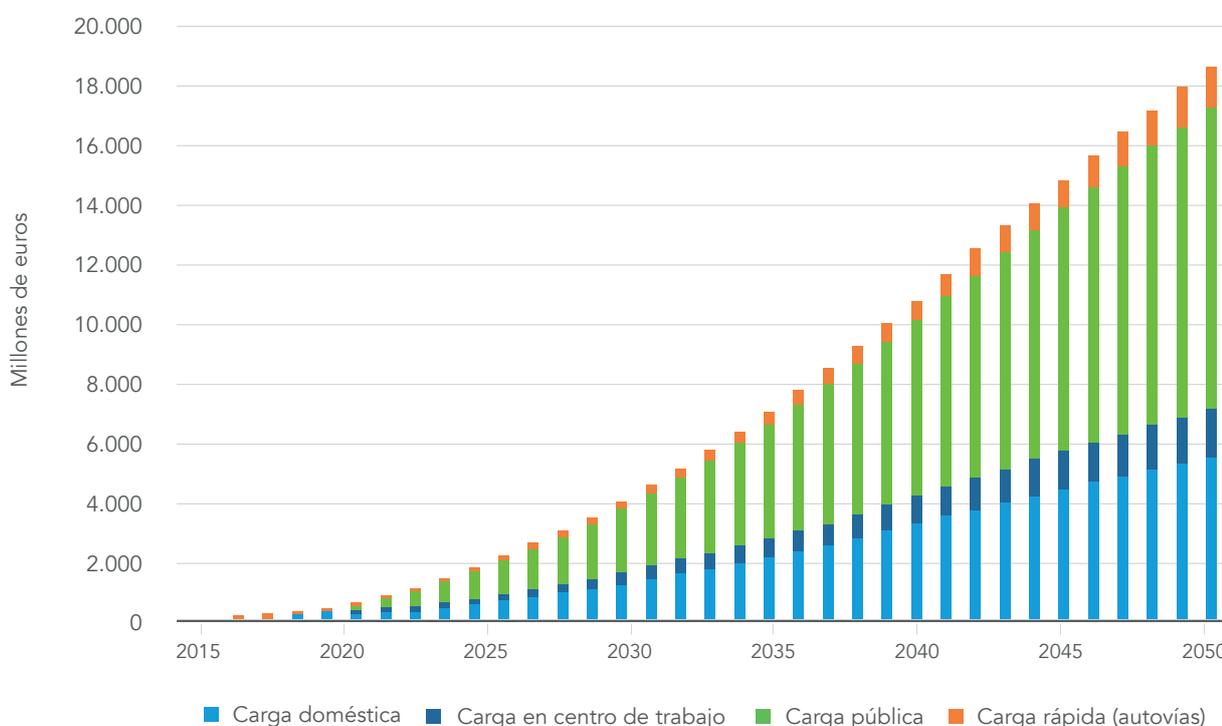


Gráfico 13. Inversión acumulada total para abastecer al total de vehículos eléctricos en el escenario TEC.

# Sinergias entre el transporte y la red eléctrica

El cambio a vehículos eléctricos en el escenario TEC conduce a un aumento de tan sólo el 6% en la demanda final de electricidad en 2050, suponiendo todo lo demás constante -ceteris paribus-. Esto implica que las inversiones en generación de electricidad adicional durante la transición pueden ser gestionadas fácilmente durante las próximas 3 décadas.

Sin embargo, la adopción masiva de vehículos eléctricos implicaría que la red eléctrica debe adaptarse a sus necesidades de recarga. Si, por ejemplo, los VE se cargan al llegar a casa (carga pasiva), se incrementaría significativamente el

pico de demanda de electricidad durante la tarde, requiriéndose inversiones para reforzar las redes de distribución, además de para dotar de una capacidad adicional a las plantas de generación eléctrica.

Por el contrario, si la carga es inteligente, se evitarían los picos de demanda y las inversiones en infraestructura de red y de nuevas necesidades de generación. Más aún, la utilización de fuentes energías renovables variables, como la eólica o la solar, podría incrementarse desplazando la demanda de electricidad para recarga de automóvil hacia horas de gran producción renovable.

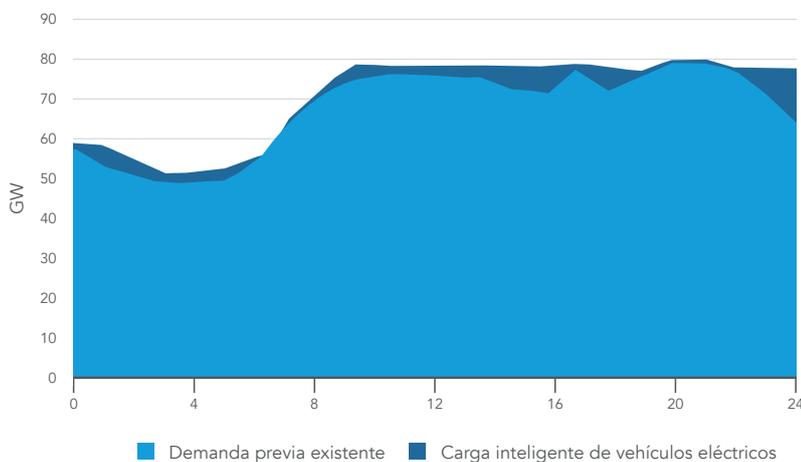
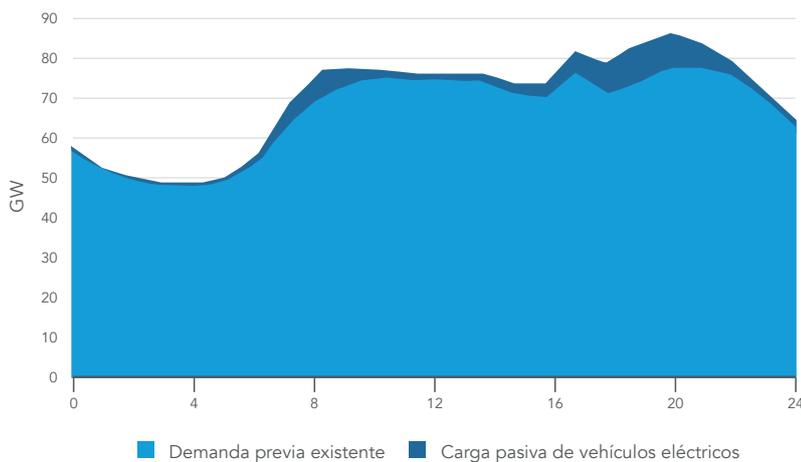


Gráfico 14. Demanda (GW) con carga pasiva y carga inteligente de VE en un día en España en 2050.

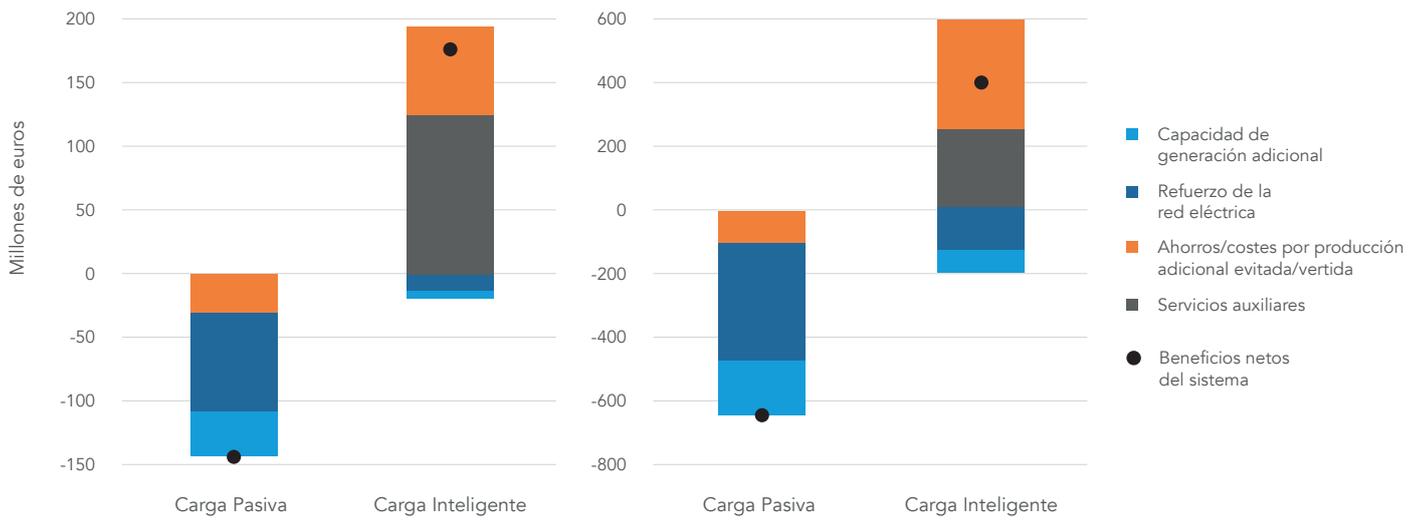


Gráfico 15. Análisis coste/beneficio de la carga pasiva e inteligente en 2030 (izquierda) y 2050 (derecha).

Asimismo, los servicios de estabilización de la red son una fuente adicional de beneficios. En su forma más simple, estos servicios conectarán y desconectarán remotamente la carga para contribuir a gestionar los picos de demanda, y para contribuir a mantener una frecuencia estable. En el corto plazo, estos servicios podrían ofrecer beneficios a los propietarios de VE y facilitar su penetración y la infraestructura de carga inteligente.

Nuestro análisis muestra que el desarrollo de la carga inteligente supondría unos beneficios aproximados de 320 millones de euros anuales en 2030, en comparación con la carga pasiva (gráfico 15). Estos beneficios podrían incrementarse si las baterías de los EVs se utilizasen también para almacenar energía y devolverla a la red en los momentos más adecuados para el sistema eléctrico, conocido como V2G (vehicle-to-grid). Esa opción muestra una cantidad mucho mayor de ahorro en la producción de electricidad que en el escenario de la carga inteligente (gráfico 16).

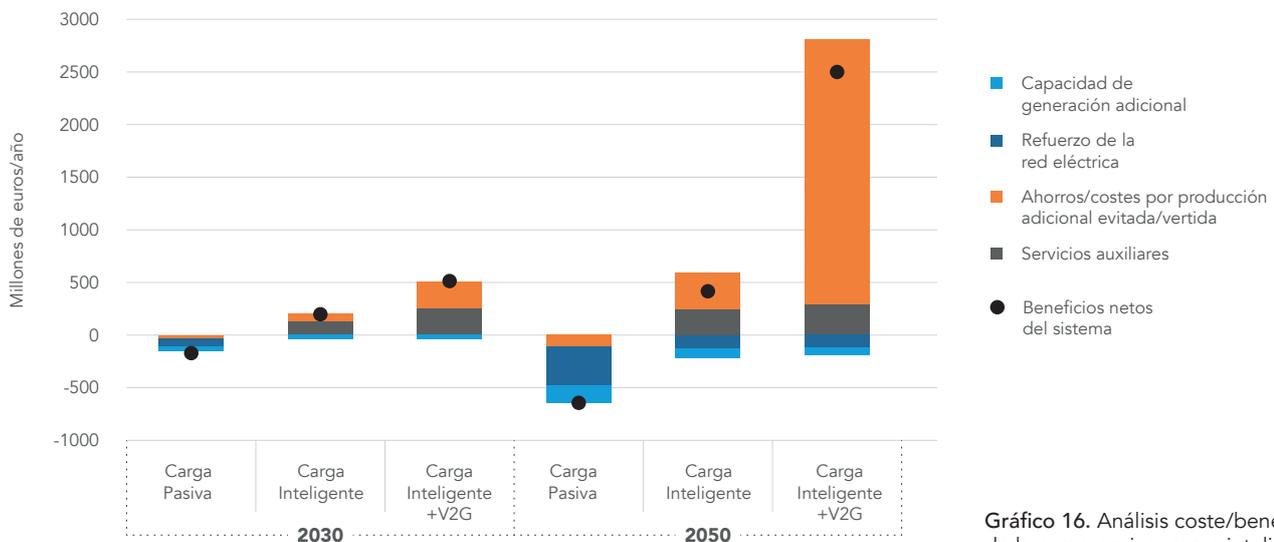


Gráfico 16. Análisis coste/beneficio de la carga pasiva, carga inteligente así como carga inteligente combinada con V2G.

En España, la alta producción de energía solar en el futuro superará en ocasiones la demanda. El V2G permite que el exceso de energía generado durante el día compense el déficit de renovables en horario nocturno. Los VE se cargarían con exceso de energía durante el día y, la energía adicional recibida volvería a la red por las tardes para responder a la demanda residencial de energía, sin afectar los hábitos del usuario. Esto implicaría utilizar cantidades significativas de energías de fuentes renovables que, de otro modo, se perderían. Con ello, los VE ayudarían a reducir en un tercio la intensidad en

carbono de la energía eléctrica en relación a un escenario sin V2G, así como a reducir el coste de la electricidad.

La tecnología V2G requeriría un despliegue de puntos de carga compatibles para asegurar que los EVs puedan cargarse durante el día y suministrar energía a la red durante la tarde/noche. La inversión en esta infraestructura aportaría beneficios significativos y permitiría una mayor reducción de emisiones.

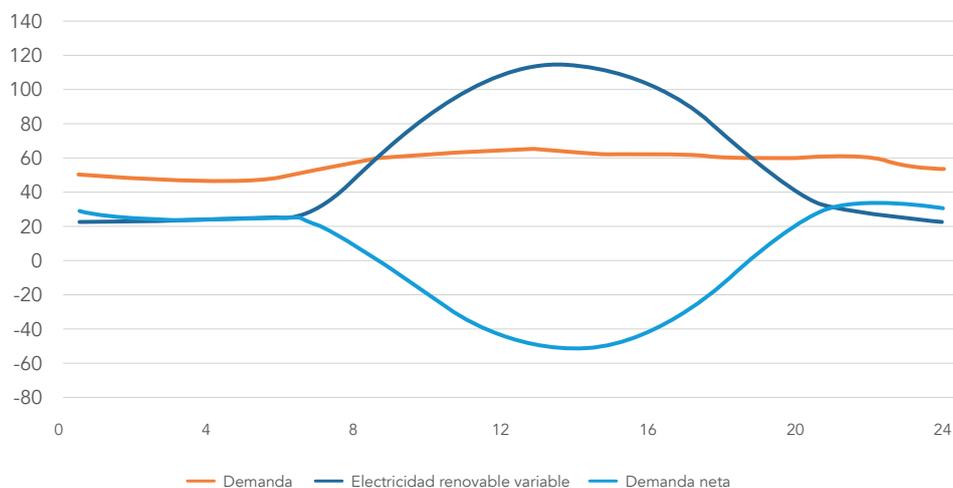
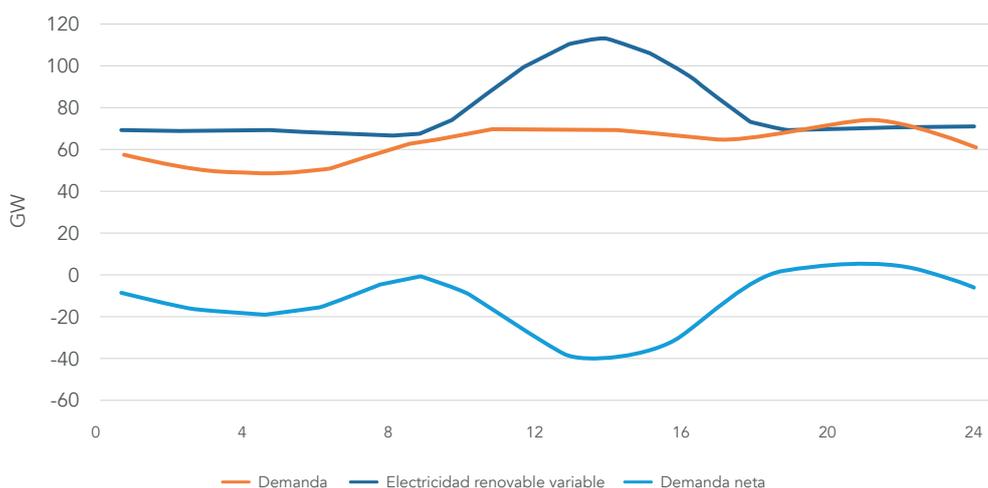


Gráfico 17. Perfiles diarios de demanda, generación de electricidad renovable variables y demanda neta (media mensual) en España en 2050 (Arriba: Enero. Abajo: Julio).

# Papel del gas en la transición

Algunos estudios indican que el gas natural y el biometano deben jugar un papel importante en la descarbonización de los turismos. Para contrastarlo, se ha realizado un análisis de sensibilidad compatible con los objetivos climáticos a largo plazo en el que los turismos a gas natural comprimido (GNC) se consideran una alternativa a los coches híbridos, enchufables y eléctricos puros. No se trata de un escenario como los demás considerados, porque las hipótesis se consideran difícilmente viables técnica y económicamente. En primer lugar, se asumió un reemplazo extremadamente acelerado de todas las ventas de turismos hacia vehículos a gas (Gráfico 17). En segundo lugar, con datos del ICCT para España<sup>15</sup>, se estimó el potencial máximo de biometano, y se consideró que todo se usaría en el sector transporte, dejando de lado otros sectores como el industrial o los usos domésticos, que también podrían usar ese biogás para descarbonizar.

En este análisis, las emisiones de CO<sub>2</sub> de los turismos disminuyen a lo largo del período, alcanzando niveles bajos en 2050. Sin embargo, comparado con los escenarios TEC y TEC rápido, la reducción es más lenta debido a que los vehículos eléctricos puros y los de hidrógeno, mucho más eficientes en términos de energía y CO<sub>2</sub>, sólo comienzan a

entrar en el mercado después de 2030. Emplear sólo vehículos de gas no es suficiente para poder alcanzar los objetivos climáticos y a partir de 2030 hay que introducir hipótesis de vehículos electrificados en el mix del mercado, ya que el potencial de biometano bajo en carbono es limitado. En ausencia de biometano, las reducciones son aún más bajas debido a que el gas es un combustible fósil.

Respecto al impacto sobre el PIB, el impacto económico positivo en los escenarios TEC y TEC rápido está generado principalmente por las reducciones en las importaciones de combustible. En este análisis el gas natural será importado, lo que no mejora la seguridad energética ni favorece la economía en comparación con el escenario IPA en el medio plazo. Tras 2030, el despliegue de los eléctricos puros y de hidrógeno conlleva impactos positivos para la economía española.

Si se tuviese en cuenta la caída de la recaudación fiscal debido a la baja carga impositiva del gas en transporte, la administración tendría que compensar esa caída de los ingresos con la creación de nuevas cargas, lo que probablemente tendría un impacto negativo en el corto y medio plazo sobre la economía española. Explicado en más detalle en el informe técnico, en este supuesto el análisis TEC gas sería más perjudicial desde el punto de vista económico que el escenario IPA.

En el análisis TEC gas, una reducción de 6.190 millones de euros en ingresos fiscales de los combustibles en el año 2030 (debido a la mínima fiscalidad del gas en comparación con la gasolina y el diésel) tendría mayores dificultades para verse compensada, incluso decidiendo incrementar el IVA para paliar esta pérdida de ingresos, que en los demás escenarios.

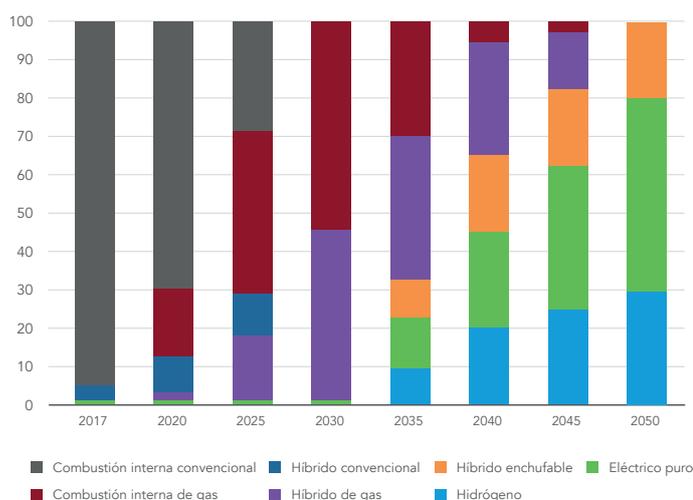


Gráfico 18. mix de ventas en el análisis de gas.

# Notas

- 1** El escenario de referencia consiste en suponer que no se introduce mejoras de eficiencia en los vehículos nuevos. Para más detalles, ver sección metodológica.
- 2** Se alinea con el escenario TECH en el informe Fuelling Europe's Future II, publicado el 20 de febrero de 2018.
- 3** Se alinea con el escenario TECH OEM en el informe Fuelling Europe's Future II.
- 4** El cálculo del Coste Total de la Propiedad de un vehículo incluye los costes de inversión, de capital, de combustible, de mantenimiento y de infraestructura. Se analiza en dos periodos: en el conjunto de la vida útil del vehículo, trece años; y en los cuatro primeros años, que reflejan la decisión de compra del primer propietario. Esta última será la que determine si las tecnologías de bajas emisiones consiguen entrar en el parque de vehículos.
- 5** Para más detalles ver el informe completo.
- 6** Agencia Europea del Medio Ambiente, 2017, La calidad del aire en Europa - Informe 2017.
- 7** World Health Organization, W. H. O. 1999. Health Impact Assessment. Main concepts and suggested approach. Gothenburg Consensus Paper. Copenhagen: WHO European Centre for Health Policy, WHO Regional Office for Europe.
- 8** European Commission, 2017. Urban PM 2,5 Atlas: air quality in European cities.
- 9** Khreis, H., Warsow, K.M., Verlinghieri, E., Guzman, A., Pellecuer, L., Ferreira, A., Jones, I., Heinen, E., Rojas-Rueda, D., Mueller, N. and Schepers, P. et al. (2016). The health impacts of traffic-related exposures in urban areas: understanding real effects, underlying driving forces and co-producing future directions. *Journal of Transport & Health*, 3(3), pp.249-267.  
  
Nieuwenhuijsen, M. J., Khreis, H., Verlinghieri, E., Mueller, N., & Rojas-Rueda, D. (2017). Participatory quantitative health impact assessment of urban and transport planning in cities: a review and research needs. *Environment international*, 103, 61-72.
- 10** Coste estimado a partir de lo que reembolsa la Comunidad Autónoma de Madrid a los hospitales por ingresos por asma y bronquiolitis (2600€ y 7200€), BOCAM, ORDEN 727/2017, de 7 de agosto, del Consejero de Sanidad, por la que se fijan los precios públicos por la prestación de los servicios y actividades de naturaleza sanitaria de la red de centros de la Comunidad de Madrid.
- 11** Area Metropolitana de Barcelona, 2016 Contaminació atmosfèrica i acústica a les proximitats de la xarxa viària metropolitana: Incidència sobre la població resident.  
  
Catania, Di Ciommo, y Diana, Política tariffaria dei parcheggi, riduzione delle emissioni inquinanti e benefici sulla salute: il caso di Barcellona, thesis de Master, Politecnico Torino, 2016.
- 12** Spain: noise in Europe. Country Fact Sheet. European Environment Agency, 2017.
- 13** Organización Internacional del Trabajo, 2015. Directrices de política para una transición justa hacia economías y sociedades ambientalmente sostenibles para todos.
- 14** Para más información, Banco Mundial, 2016, The Cost of Air Pollution. Strengthening the Economic Case for Action. Este informe pone énfasis en la mortalidad prematura como principal coste económico de la contaminación.
- 15** Baldino, C., Pavlenko, N., & Searle, S. (in press). The potential for low renewable carbon biogas as a transport fuel in France, Italy, and Spain. Washington, DC: International Council on Clean Transportation.

## Contact

European Climate Foundation  
Rue de la Science 23, 1040 Brussels  
T +32 2 894 9302  
M +32 478 34 00 51  
[www.europeanclimate.org](http://www.europeanclimate.org)

## Condiciones de uso

Este informe, ya sea de manera total o parcial, puede ser usado o distribuido libremente, y está disponible para todo tipo de público. Esta publicación no debe ser vendida ni utilizada con fines comerciales. El uso de la información contenida en esta publicación no está autorizado con fines publicitarios.