

Un modelo de transporte descarbonizado para España en 2050

Recomendaciones para la transición

Alberto Amores González

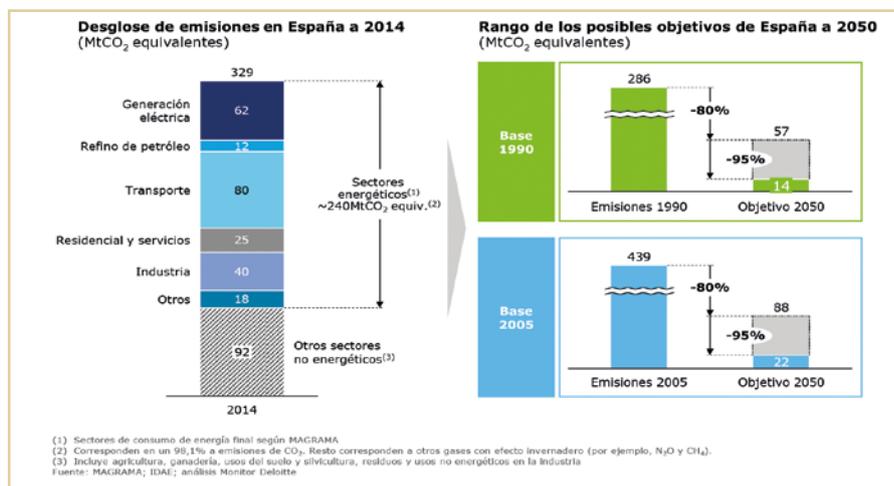
Socio de Monitor Deloitte

La descarbonización del transporte es clave para el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones establecidos por la Unión Europea
La lucha contra el cambio climático y sus implicaciones en el sector del transporte en España

España debe reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) entre un 80 y un 95% hasta 2050 para cumplir con los objetivos de descarbonización establecidos por la Unión Europea. Esta reducción implicará pasar de emitir 329 MtCO₂ equivalentes en el año 2014 a emitir entre 14 y 88 MtCO₂ en 2050.

El transporte es un sector clave en el proceso de descarbonización del modelo energético. En España, el transporte es la actividad con mayor volumen de emisiones GEI; en 2014 emitió en torno a 80 MtCO₂ equivalentes (el 24% del total de las emisiones de la economía española). Durante los últimos 15 años, ha sido el sector de actividad que menos ha reducido sus emisiones GEI, un 8%, mientras que los otros dos grandes sectores emisores,

Figura 1. Objetivos de reducción de emisiones GEI en España en 2050 en función de la transposición de los objetivos europeos



la generación eléctrica y la industria, han reducido sus emisiones GEI un 31% y un 32% respectivamente, durante el mismo período.

Son necesarias políticas y objetivos de reducción de emisiones más ambiciosos para el transporte

La Comisión Europea publicó en 2011 el Libro Blanco del Transporte¹ que estableció

unos objetivos de variación de las emisiones GEI para el sector del transporte, respecto a 1990, de un +8% en 2030 (que representa un -20% respecto a 2008) y de un -60% en 2050, así como un conjunto de iniciativas para la transformación del sector.

En comparación con la industria y la edificación, el transporte dispone de una mayor

¹ Libro Blanco del Transporte. Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible” (Comisión Europea, 2011).

madurez en las soluciones técnicas para su descarbonización, es más homogéneo en tipologías de activos y los ciclos de renovación de los mismos son más cortos. Por ello, son necesarios y posibles unos objetivos más ambiciosos de reducción de emisiones GEI de este sector, para compensar las barreras a la descarbonización de otros sectores y alcanzar los objetivos nacionales de reducción de emisiones.

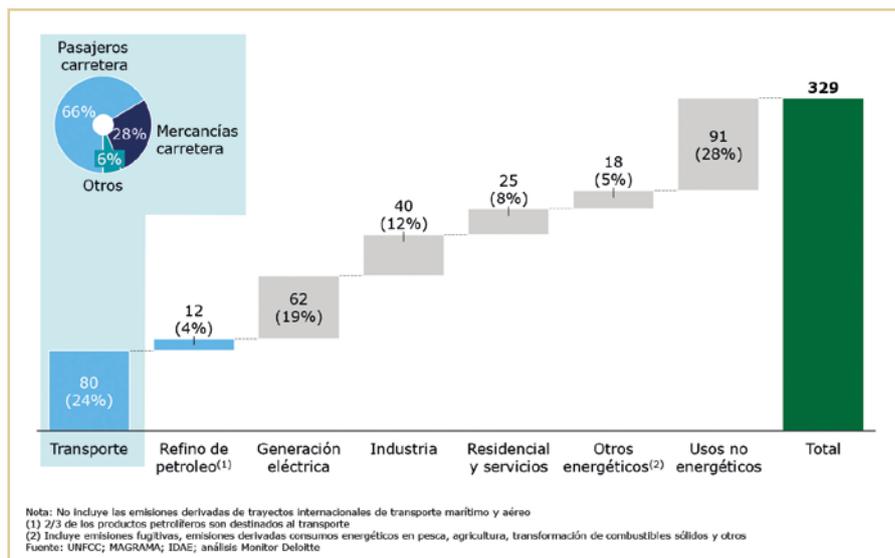
Las políticas actuales de reducción de emisiones en el transporte no garantizan la consecución de los objetivos a 2030, ya que las medidas de reducción de emisiones de nuevos vehículos no aseguran una descarbonización efectiva, y el uso de biocombustibles no genera una reducción real de las emisiones, medidas *well-to-wheel* y no son suficientes para alcanzar los objetivos a 2050. Por lo tanto, son necesarias políticas de reducción de emisiones más efectivas.

El modelo de transporte en España y su impacto en las emisiones GEI y de otros elementos contaminantes

De los 80 MtCO₂ equivalentes que emitió el transporte en el año 2014², el 94% fueron producidas por el transporte terrestre de pasajeros y de mercancías. El transporte de pasajeros (coche, autobús y tren, fundamentalmente) emitió 52 MtCO₂ (66% del total del sector transporte) y el transporte de mercancías 22 MtCO₂ (28% del total del sector transporte).

Además de las emisiones GEI, el actual modelo de transporte terrestre genera una concentración de emisiones de elementos contaminantes, tales como NOx, SOx, CO y partículas, en los grandes centros urbanos

Figura 2. Emisiones de gases de efecto invernadero por sector de actividad en España en 2014 (MtCO₂ equivalentes; %)



(el 35% de las emisiones de elementos contaminantes se realiza en el 5% de la superficie y afecta directamente al 60% de la población española). Otra fuente relevante de contaminación en áreas densamente pobladas es el consumo de combustible de los buques mientras están atracados en los puertos, que equivale a las emisiones de varios millones de vehículos (por ejemplo, en el caso del SOx, las emisiones en los puertos españoles equivalen a la circulación de más de 30 millones de vehículos).

La descarbonización del transporte requiere su completa electrificación y el desarrollo del ferrocarril de mercancías

Los análisis realizados permiten concluir que la aplicación de las medidas adecua-

das podría reducir los actuales 80 MtCO₂ emitidos por el sector transporte a 52-54 MtCO₂ en 2030 y a 5-8 MtCO₂ en 2050. Estos valores de emisiones GEI suponen, con respecto a 1990, una variación de entre -8 y -12% en 2030 y de entre -87 y -92% comparado con el objetivo establecido en el Libro Blanco del Transporte de +8% en 2030 y -60% en 2050. Para ello se debería conseguir:

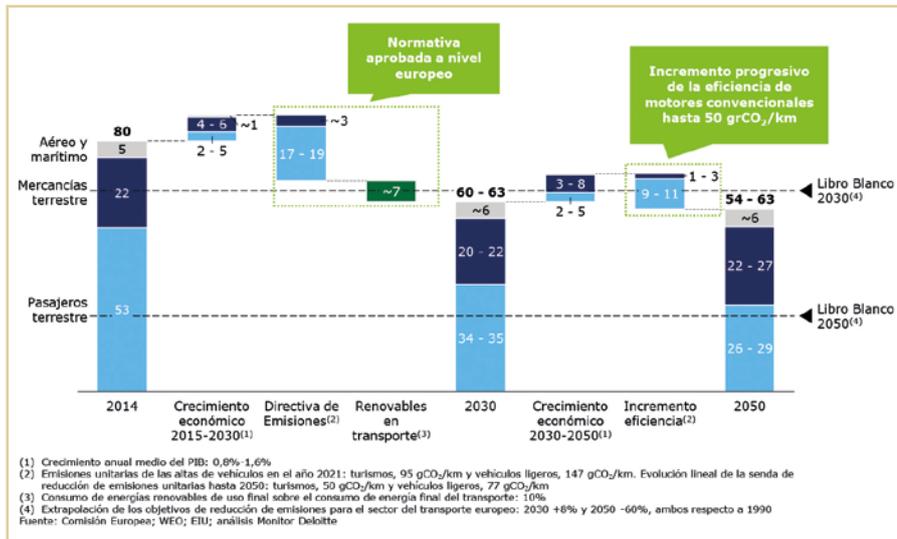
- **La electrificación del transporte de pasajeros:** en 2030 el 20-25% del parque de coches debería ser eléctrico (coche eléctrico e híbrido enchufable)³ y para 2050, más del 90%.
- **El cambio modal a ferrocarril y la electrificación del transporte de mercancías:** en 2030 el 15-20%⁴ de

² En el transporte aéreo y marítimo se incluyen únicamente trayectos entre dos puntos del territorio español

³ En este documento siempre que se menciona coche eléctrico se refiere a vehículos de pasajeros 100% eléctricos y a vehículos híbridos enchufables.

⁴ Expresado en t-km transportadas.

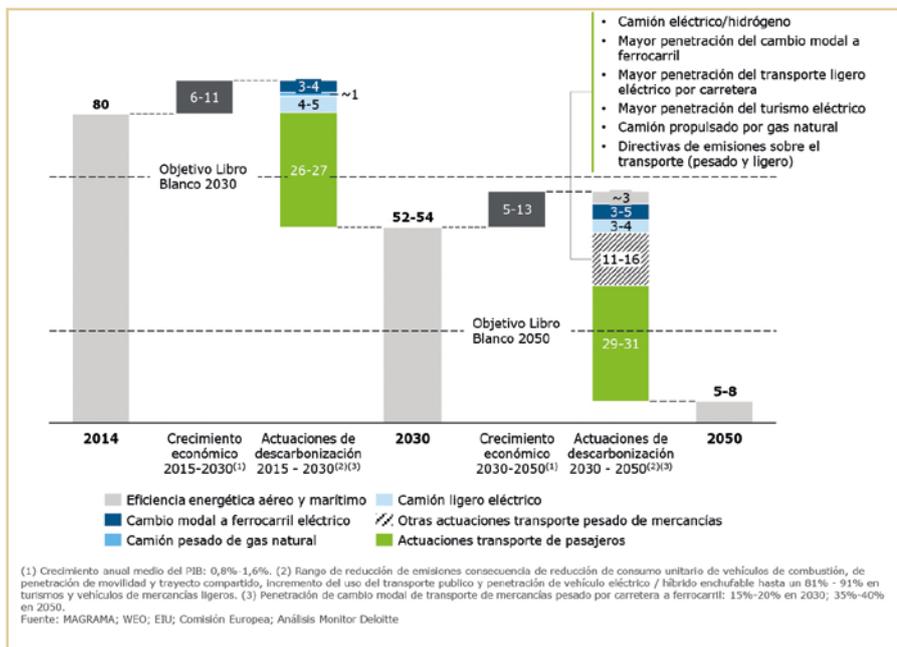
Figura 3. Impacto de la normativa aprobada o en desarrollo en la evolución de las emisiones GEI del transporte hasta 2050 (MtCO₂ equivalentes)



las mercancías deberían transportarse por ferrocarril eléctrico, el 3% por camión eléctrico ligero y el 30-35% por camión propulsado por gas natural. Para 2050 el transporte por ferrocarril eléctrico debería suponer el 35-40%, el camión eléctrico ligero el 13% y la práctica totalidad del resto de mercancías deberían trasportarse por tecnologías descarbonizadas aún no desarrolladas técnica y comercialmente, como por ejemplo el camión eléctrico pesado.

Para conseguir la efectiva implantación de estas medidas sería necesaria una inversión anual de entre 1.400 y 2.100 millones de euros hasta 2030 (en incentivos a la compra de coches eléctricos, instalación de infraestructura de recarga y desarrollo de la infraestructura ferroviaria para el desarrollo del ferrocarril de mercancías).

Figura 4. Reducción global de emisiones por sectores del transporte según actuaciones de descarbonización analizadas (MtCO₂ equivalentes)



Descarbonizar el transporte de pasajeros necesita un programa eficaz de incentivos y una red de infraestructura de recarga de acceso público
El coche particular es el medio de transporte de pasajeros más contaminante

En el año 2014 el tráfico de pasajeros por medios terrestres ascendió en España a aproximadamente 525 mil millones de pasajeros-km, que supusieron la emisión de 52 MtCO₂. El 86% de esta demanda de movilidad fue satisfecha por coches, que causaron el 94% de estas emisiones (49 MtCO₂). El 14% restante de los pasajeros-km fue transportado por autobuses y trenes, que emitieron el 6% de las emisiones GEI del transporte terrestre de pasajeros.

La digitalización y la penetración del transporte público determinarán los escenarios futuros de la movilidad de pasajeros

Actualmente se está produciendo una revolución en el transporte de pasajeros. El paradigma del vehículo de combustión interna, en propiedad, no conectado y conducido por una persona está evolucionando hacia el vehículo eléctrico, compartido, conectado y conducido de modo autónomo gracias a sistemas basados en inteligencia artificial. El nuevo paradigma es una realidad que cada día se hace más tangible. La penetración de la digitalización y el grado de colectivización del transporte son las dos principales incertidumbres que definirán el futuro de la movilidad de pasajeros. Para este estudio se han definido cuatro posibles escenarios futuros en función de la evolución de estos dos factores⁵ : “Todo cambia para que nada cambie”, “Movilidad basada en modelos de negocio colaborativos”, “Movilidad autónoma y compartida”, y “La colectivización “tradicional” del transporte”.

Estos escenarios tienen un impacto significativo en el número de vehículos del parque. En el escenario “Todo cambia para que nada cambie” necesitamos entre 23 y 24 millones de coches para cubrir las necesidades del 86% de la movilidad de pasajeros en el año 2050, mientras en el escenario más extremo, el de “Movilidad autónoma y compartida”, la utilización de cada vehículo se incrementa significativamente, lo que reduce el parque necesario hasta los 9-10 millones.

6 millones de coches eléctricos en España en 2030

En todos los escenarios analizados, la penetración de la movilidad eléctrica es un elemento imprescindible si se desea conseguir la descarbonización del transporte de pasajeros en 2050. Garantizar el cumplimiento

Figura 5. Fondos necesarios entre 2017 y 2030 para la descarbonización del transporte en España (millones de €)

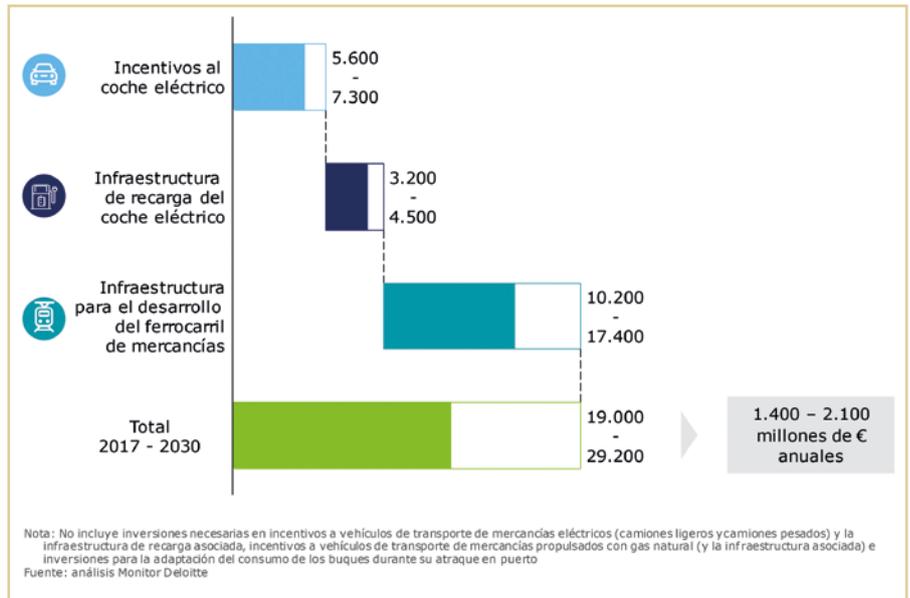
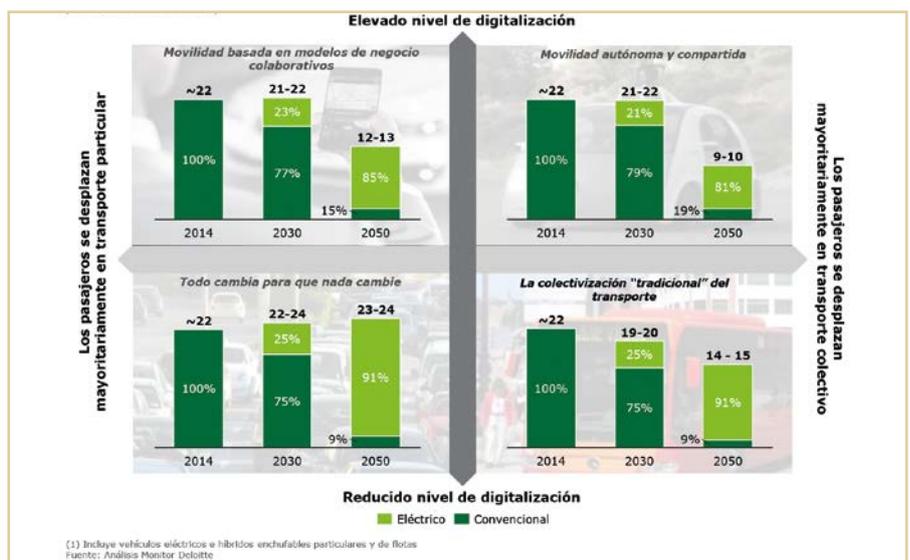


Figura 6. Parque de turismos en función del escenario de movilidad (millones de vehículos)



⁵ En todos los escenarios se ha considerado la misma evolución de la demanda total de movilidad de pasajeros (proyectada en función de la evolución estimada del PIB). Los escenarios se distinguen en función de la penetración del transporte público y de los modelos de transporte autónomo y compartido para cubrir esta demanda de movilidad.

de los objetivos de descarbonización requiere una elevada penetración del coche eléctrico: en 2025 debería haber un parque de entre 1,6 y 2 millones de coches eléctricos y estos deberían suponer un 30-35% en ventas; en 2030 se necesita un parque de entre 4,4 y 6 millones y que estos representen un 50-60% de las ventas. Si bien los diferentes tipos de vehículos (gasolina, diésel, gas natural, eléctricos y GLP) convivirán en 2030, no debería venderse ningún vehículo con motor de combustión interna a partir de 2040.

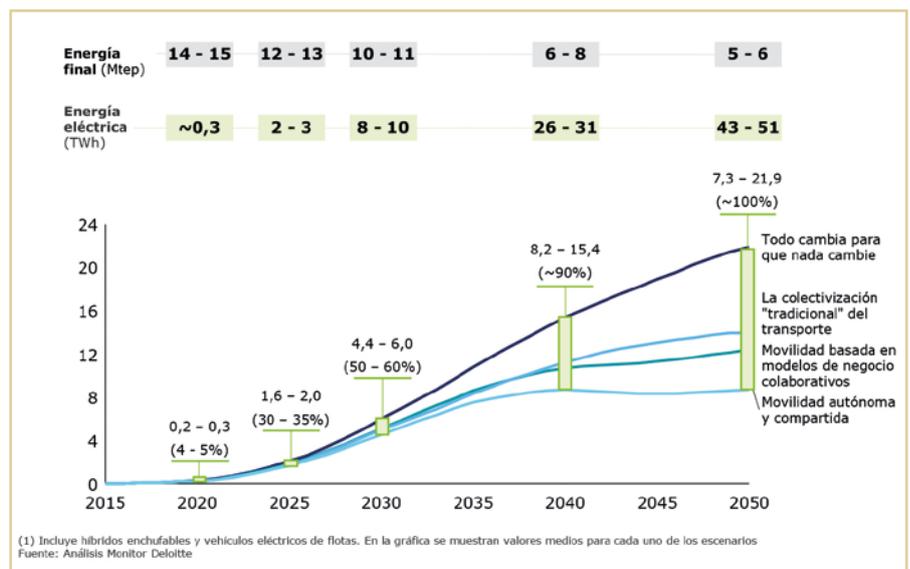
Aunque el transporte colectivo de pasajeros cubra únicamente un 14% de la demanda de movilidad en tres de los cuatro escenarios de la movilidad del futuro, debe participar activamente en el proceso de descarbonización: entre el 30 y el 35% de la flota de autobuses debería ser eléctrica antes de 2030, y prácticamente el 100% en 2050.

Con estos niveles de penetración de movilidad eléctrica, el transporte terrestre de pasajeros conseguiría reducir sus emisiones GEI a entre 30 y 33 MtCO₂ en 2030 y hasta menos de 4 MtCO₂ en 2050.

90.000 puntos de recarga de acceso público en 2025 y 145.000 en 2030⁶

Para conseguir el nivel necesario de penetración de la movilidad eléctrica, es fundamental que exista una infraestructura de recarga adecuada en términos de prestaciones (tiempo de repostaje) y disponibilidad. Ésta puede clasificarse en cuatro tipos en función de su utilización: particular, en vía pública, electrolinerías y flotas.

Figura 7. Evolución del parque de vehículos eléctricos⁽¹⁾ en España (Millones de vehículos, entre paréntesis % de ventas de vehículos eléctricos sobre el total)



- **Puntos particulares:** puntos de recarga situados en un garaje o vivienda privada, y que permiten la carga del coche durante la noche para las necesidades de uso diario. Se estima que serían necesarios unos 230 mil puntos en 2020, entre 1,2 y 1,6 millones en 2025 y entre 2,5 y 3,4 millones en 2030.
- **Electrolinerías⁸ semirrápidas y rápidas:** puntos de recarga situados en centros comerciales o de ocio, gasolineras, garajes públicos, autopistas y otras zonas de alta afluencia o circulación de vehículos, utilizadas principalmente para una recarga de ocasión o de emergencia. Las electrolinerías rápidas consiguen recargar el 80% de la batería en 20 minutos, mientras que las semirrápidas llegan a ese nivel de carga en unas 2 o 3 horas. Serían necesarias 11 mil electrolinerías en el año 2020, entre 40 y 50 mil en 2025 y entre 35 y 55 mil electrolinerías en 2030⁹.
- **Puntos de recarga en instalaciones para flotas de vehículos:** Serían ne-

⁶ A partir de 2030 se ha considerado que la evolución de la tecnología y de los hábitos de los consumidores introducen una elevada incertidumbre sobre el número de puntos de recarga que serán necesarios.

⁷ Se ha considerado que cada poste en vía pública cuenta con 2 conectores.

⁸ Se ha considerado que cada electrolinería cuenta con 2-4 conectores.

⁹ Actualmente en España existen más de 10.000 gasolineras. El número estimado a 2030 es superior debido a las mayores necesidades de uso de la infraestructura (tiempo de recarga, surtidores por gasolinera, autonomía de los vehículos).

cesarios unos 300 puntos en 2020, entre 400 y 1.700 en 2025 y entre 800 y 4.800 en 2030, en función de la penetración de transporte compartido en los escenarios analizados. Estos puntos de recarga darían servicio a flotas¹⁰ de vehículos compartidos y/o autónomos (tipo Car2Go, Emov, etc.).

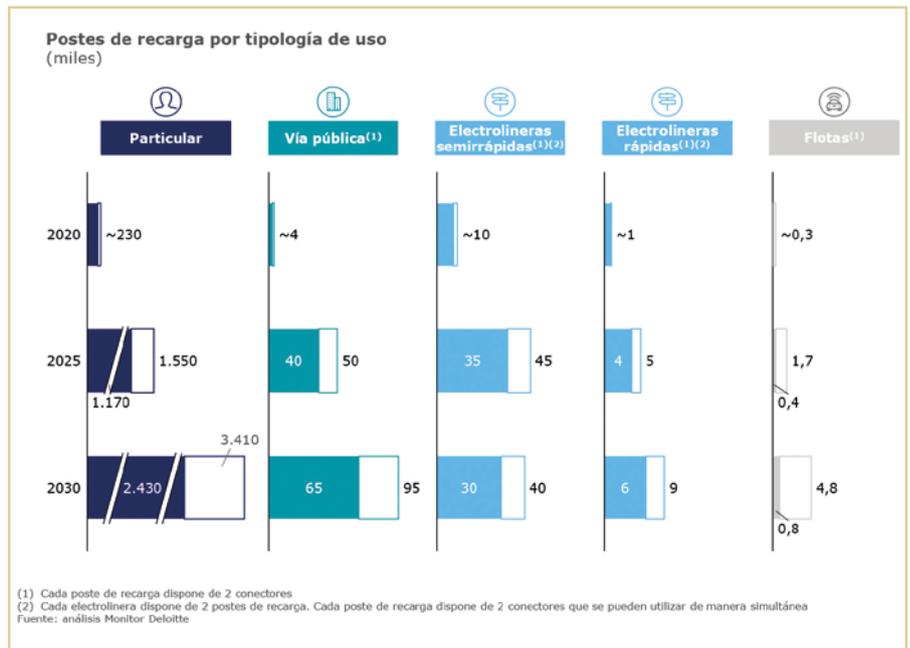
La infraestructura de acceso público (vía pública y electrolineras) es imprescindible para garantizar el despliegue masivo del vehículo eléctrico. Permite a los usuarios que aparcen en la vía pública asegurar la recarga de sus vehículos eléctricos para sus trayectos diarios y, además, posibilita la recarga de ocasión o emergencia para todos los propietarios de coche eléctrico.

El desarrollo del vehículo eléctrico en España es testimonial por la falta de incentivos e infraestructura adecuados

El coche eléctrico empieza a ser a día de hoy una realidad desde el punto de vista técnico, pero aún no presenta el nivel de adopción necesario para tener un impacto relevante en la reducción de emisiones. En Noruega y Holanda, por ejemplo, circulaban, respectivamente, 71.000 y 88.000 vehículos eléctricos, y estos representaron aproximadamente un 23% y un 10% de las ventas anuales de turismos en cada país en 2015. El desarrollo en España está muy por detrás de estos y de otros países europeos: el parque de vehículos eléctricos a finales de 2015 era de aproximadamente 6.500 coches y las ventas apenas supusieron un 0,2% en ese año.

El vehículo eléctrico se enfrenta a dos barreras principales: sus menores prestaciones frente

Figura 8. Evolución de la infraestructura de recarga eléctrica en España



a los vehículos convencionales (menor autonomía, mayor tiempo de recarga, menor número de modelos disponibles, mayor coste, escasa información sobre los beneficios) y la reducida disponibilidad de la infraestructura de recarga de acceso público.

Sin tener en cuenta los incentivos disponibles, los vehículos eléctricos en España son entre un 5% (en el caso de monovolúmenes y 4x4) y un 24% (en el caso de vehículos de pequeño tamaño) más caros, en términos de coste completo, que el convencional comparable. En el mejor de los casos, los incentivos y ayudas existentes permiten que un utilitario eléctrico sea un 3% más barato que uno convencional. Los programas de incentivos introducidos en España han sido insuficientes y con una eficacia limitada.

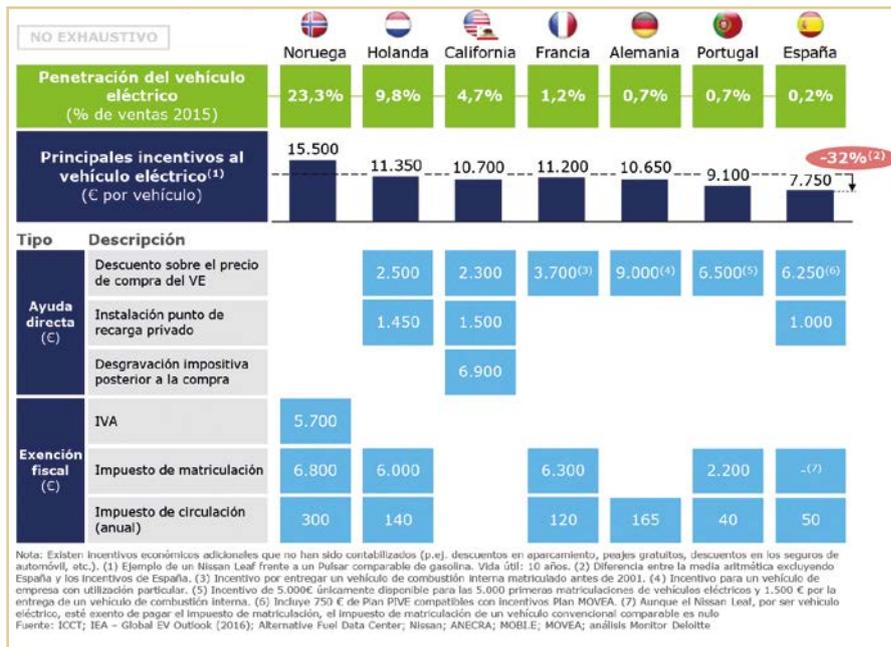
Todos los planes de incentivos desde 2009 apenas llegan a 40 millones de euros acumulados y son programas que se renuevan anualmente. En los últimos años, las ayudas se han agotado antes de la finalización del ejercicio, creando incertidumbres o limitando la visibilidad sobre el coste del vehículo eléctrico. A modo de comparación, los planes PIVE (incentivos para la renovación del parque de vehículos, principalmente utilizado para la adquisición de vehículos convencionales) han tenido una dotación económica de 1.115 millones desde 2012.

En los países con mayor penetración del vehículo eléctrico se han desarrollado programas de incentivos que han facilitado su desarrollo de forma más efectiva que en España:

¹⁰ Los vehículos de flotas utilizadas de modo particular (vehículos asignados a un único usuario) son consideradas como vehículos particulares, a los efectos de este estudio.

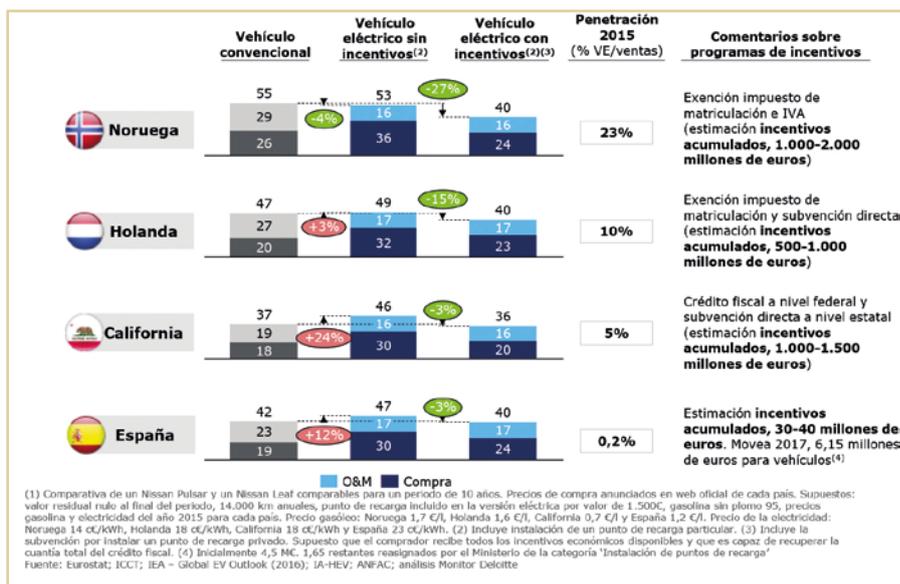
- La mayoría de los países con una elevada penetración del vehículo eléctrico han establecido ambiciosos objetivos de ventas (California: 1,5 millones de vehículos eléctricos en 2025; Francia: 2 millones en 2020), que han servido de guía para el desarrollo del resto de medidas.
- Considerando los incentivos, un vehículo eléctrico utilitario es entre un 15% y un 27% más económico en Noruega y Holanda que un vehículo convencional comparable, en términos de coste completo.
- Los esquemas de incentivos económicos son sostenidos a lo largo del tiempo y con una dotación económica relevante. Noruega dispone de una exención del impuesto de matriculación para los coches eléctricos desde 1990, que ha supuesto un importe superior a 1.000 millones de euros.

Figura 9. Resumen de principales incentivos económicos al vehículo eléctrico



- Estos incentivos están dirigidos a los segmentos más relevantes del mercado, no solo a usuarios particulares, sino también a vehículos de flotas o usuarios profesionales.
- Las facilidades al uso del vehículo eléctrico (acceso a aparcamiento en el centro de las ciudades, aparcamiento gratuito, carriles prioritarios, etc.) son un incentivo muy atractivo, pero que únicamente funciona en las primeras etapas del despliegue, perdiendo su atractivo una vez el vehículo eléctrico se populariza.
- Los mecanismos de mandato y control son ambiciosos. Alemania, Noruega y Holanda están ya discutiendo la prohibición de ventas de vehículos convencionales en 2025-2030.

Figura 10. Costes totales de un vehículo eléctrico con respecto a uno convencional comparable⁽¹⁾ en 2015 (miles de euros)



Respecto a la infraestructura de recarga, en España no existe actualmente una red de recarga de acceso público (postes en vía pública y electrolineras) con la dimensión o la capilaridad necesarias para permitir la adopción masiva de la movilidad eléctrica. Esto es debido a la falta de rentabilidad para el inversor con los niveles actuales y previstos de penetración de vehículo eléctrico, y con las expectativas de grado de utilización de la misma. Las electrolineras sólo son rentables si asumimos un elevado margen en el precio de venta de la electricidad (300-400 €/MWh, lo que igualaría el coste de combustible por km al de un combustible fósil) y un número de recargas alto (por encima de 15 recargas diarias). La infraestructura de recarga en vía pública no es rentable en ningún caso bajo hipótesis razonables de inversión (poste: unos 4.000 euros, acometida: unos 8.000 euros), tasas de utilización (1-2 veces al día en los casos más optimistas) y márgenes de electricidad (hasta 50 €/MWh). A finales de 2015 había 1.700 puntos de recarga en España, algunos de los cuales no se encontraban operativos. En ese mismo año, en Noruega y Holanda había 7.000 y 18.000 puntos de recarga de acceso público, respectivamente, con un parque total de vehículos mucho menor.

La necesidad de la infraestructura de recarga de acceso público para el despliegue del vehículo eléctrico y su falta de rentabilidad en las condiciones actuales requiere de actuaciones en las diferentes etapas de su desarrollo.

- **Planificación:** los países analizados han establecido objetivos ambiciosos de infraestructura de recarga, por ejemplo, 7 millones de puntos de recarga en 2030 en Francia (incluyendo puntos de recarga particulares). Las Administraciones Públicas tienen un rol relevante en

este despliegue mediante licitaciones (Noruega) o autorizando a compañías eléctricas a desplegar la infraestructura en zonas clave (California).

- **Financiación:** las Administraciones Públicas han incentivado parcialmente el despliegue inicial de la infraestructura (ayudas de la UE con fondos públicos) o han definido mecanismos para la instalación de puntos de recarga y la recuperación de sus costes por parte de los distribuidores eléctricos, en determinadas áreas (California) o para el conjunto del país (Irlanda).
- **Instalación, propiedad y gestión** de los puntos de recarga: no existe un modelo único de propiedad y gestión de estos puntos, pero en todos los casos se ha asegurado la interoperabilidad física y de pago de los puntos de recarga de acceso público.

El autobús eléctrico está iniciando su desarrollo y se espera un crecimiento acelerado en los próximos años

El autobús eléctrico se encuentra en un nivel de madurez comercial inferior al de los coches eléctricos; sin embargo, los últimos avances tecnológicos permiten vislumbrar que su desarrollo se acelerará en los próximos años. Las principales barreras para la adopción de esta tecnología son las siguientes:

- La limitada autonomía en los sistemas actuales, basados en energía embarcada (pueden llegar a alcanzar más de 200 km), que está al límite de la necesaria para completar una jornada diaria media para un autobús urbano (entre 200-300 km) sin recargar la batería. La nueva generación de autobuses eléctricos, ya

iniciando su comercialización, permitirá autonomías de hasta 500 km con una carga única de la batería.

- La reducción de flexibilidad en los sistemas de recarga a lo largo del recorrido del autobús, ya que el autobús debe pasar por los puntos de recarga establecidos. Además, pueden existir barreras para instalar tomas de alta potencia en los centros urbanos de las ciudades por su elevado coste e impacto visual, aunque, por otro lado, esta misma infraestructura podría utilizarse para la recarga de otros vehículos eléctricos (particulares, flotas, etc.).
- Coste de inversión, que actualmente puede llegar a ser de hasta el doble que el de un autobús convencional o uno de gas natural.
- Necesidad de nuevas capacidades técnicas para los técnicos de las empresas municipales, para la implantación, operación y mantenimiento de autobuses urbanos eléctricos.

A pesar de estas barreras, y gracias a sus efectos positivos sobre la descarbonización y la reducción de emisiones de elementos contaminantes (SO_x, NO_x, etc.), se están estableciendo ambiciosos objetivos en diferentes ciudades, como Londres (el 100% de los nuevos autobuses municipales serán eléctricos a partir de 2018), París (el 80% de la flota de autobuses ha de ser eléctrica en 2025) o algunas grandes urbes en China (el 80% de los autobuses vendidos en 2020 han de ser de cero emisiones). En España, Madrid contaba en 2016 con autobuses eléctricos en dos líneas y un compromiso de adquirir entre 15 y 20 autobuses eléctricos anuales desde 2017 hasta 2020, y Barcelona está participando en proyectos de demostración de la viabilidad de esta tecnología.

Recomendaciones para el desarrollo de la movilidad eléctrica en el transporte de pasajeros

Las diferentes Administraciones Públicas en España deben acometer una serie de reformas e introducir planes de incentivos y de inversión que fomenten el desarrollo de una movilidad sostenible de pasajeros.

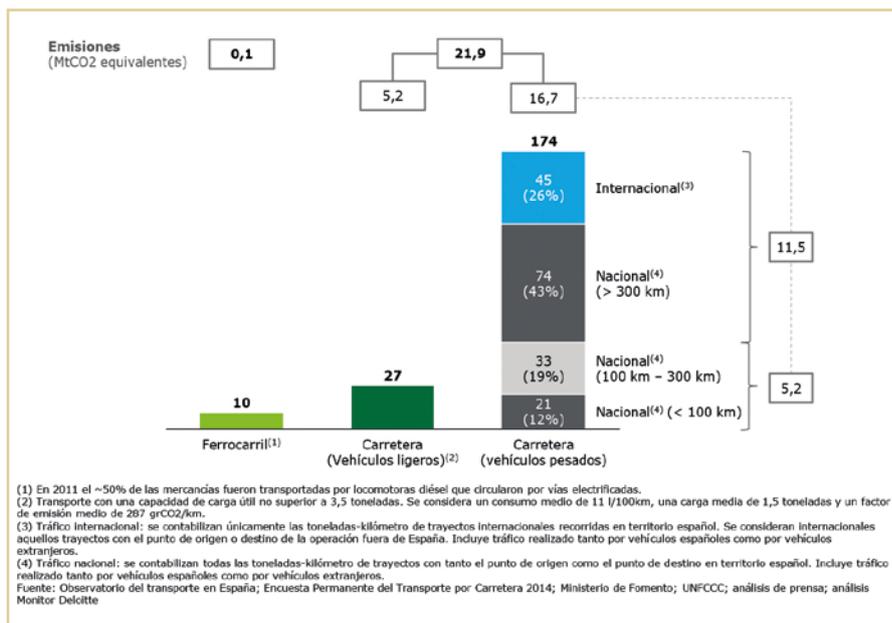
1. Crear un observatorio del vehículo eléctrico para la coordinación de las diferentes Administraciones Públicas, planificación y seguimiento de la penetración del coche eléctrico, y análisis de la efectividad de los programas de incentivos y fomento de la infraestructura de recarga de acceso público.
 2. Establecer objetivos a 2030 y desarrollar un plan de incentivos económicos a la adquisición de vehículos eléctricos:
 - Establecer un objetivo ambicioso de penetración del vehículo eléctrico que permita guiar y evaluar la eficacia de las medidas tomadas: 6 millones de vehículos en 2030.
 - Establecer exenciones de impuestos a la compra de vehículos eléctricos, hasta conseguir una reducción del 20% del coste completo frente a los vehículos convencionales (lo que significa actualmente una ayuda de en torno a 10.000 € por vehículo), durante los próximos 5 años, o hasta conseguir los objetivos de penetración establecidos. Posteriormente, y considerando que se espera una reducción del coste de los vehículos eléctricos que equipare sus costes con un vehículo convencional entre el 2020 y el 2025, estos incentivos deberían reducirse progresivamente hasta eliminarse
 3. Definir un calendario para restringir la compra y el uso de vehículos convencionales en grandes ciudades:
 - Eliminar los incentivos a la compra de vehículos convencionales.
 - Implantar el cierre gradual, a partir del año 2025, de los centros de las ciudades a la circulación de vehículos convencionales, y establecer, en todas las ciudades españolas, zonas urbanas de bajas emisiones que requieran del pago de una tasa para la circulación de vehículos convencionales. Para implantar estas medidas se podrían utilizar los distintivos ambientales desarrollados por la Dirección General de Tráfico (DGT).
 - Establecer un calendario de prohibición de venta de vehículos convencionales.
 4. Definir y desarrollar un modelo de despliegue de la infraestructura de recarga de acceso público:
 - Establecer objetivos de infraestructura pública de recarga por cada nivel de la Administración Pública, en función de sus competencias (ayuntamientos en la vía pública; Comunidades Autónomas y Ministerio de Fomento en autopistas y red secundaria) para conseguir:
 - Postes en vía pública: 4.000 postes en 2020, 50.000 en 2025 y 95.000 en 2030.
 - Electrolineras: 10.000 en 2020, 40.000 en 2025 y 50.000 en 2030.
- más allá de 2025. Se estima que serían necesarios unos incentivos acumulados de entre 2.300 y 6.200 millones de euros¹¹.
- El desarrollo de esta infraestructura tendría un coste de inversión total, hasta 2030, de 1.250-1.650 millones.
- Definir un modelo que asegure el despliegue de la infraestructura específica mientras exista falta de rentabilidad de la misma:
 - Ajustar la normativa relativa al acceso y conexión a la red eléctrica para que la nueva infraestructura necesaria para la alimentación de los puntos de recarga, incluyendo la conexión y el refuerzo de la red, sea responsabilidad de las empresas de distribución.
 - Dado que la Administración Pública puede no tener suficientes recursos para este despliegue, se requiere incentivar la participación de la iniciativa privada en el desarrollo de esta infraestructura, incluyendo el acceso a fondos de financiación para asegurar la rentabilidad mínima de las infraestructuras planificadas (teniendo en cuenta no sólo la inversión, sino también los costes de operación y mantenimiento, todo ello sujeto a requisitos de disponibilidad de la infraestructura).
 - Establecer licitaciones competitivas para el despliegue de puntos de recarga.
 - Establecer una alternativa en los emplazamientos donde el anterior mecanismo no asegure el despliegue del volumen mínimo de infraestructura: despliegue, operación y mantenimiento de los puntos de recarga por el distribuidor eléctrico y reconocimiento en su base regulatoria de activos, el denominado “modelo DSO”.
 - Eliminar las barreras administrativas actualmente vigentes para el gestor de car-

¹¹ Rango de incentivos acumulados derivado de la duración del período con incentivos: 5 o 8 años en función de si llegan a 2021 o 2024.

ga (por ejemplo, la exigencia de tener un objeto social relacionado con la venta y compra de energía eléctrica), y clarificar en qué situaciones se requiere esta figura (por ejemplo, eliminar la obligatoriedad si no existe facturación de energía eléctrica por la recarga).

- Establecer incentivos a la instalación de puntos de recarga en zonas de aparcamiento propiedad de agentes privados y lugares de elevada densidad de tráfico (por ejemplo, centros de trabajo, centros comerciales, centros de ocio, estaciones de servicio, etc.).
- Incentivar la interoperabilidad de la recarga, de modo que permita un uso sencillo por parte de todos los usuarios y la compatibilidad de medios de pago, independientemente del operador o del punto de recarga. Se debe fomentar el uso de métodos de pago estándar (por ejemplo, pago con tarjeta de crédito o a través del móvil).
- Simplificar los trámites administrativos con municipios, Comunidades Autónomas, compañías eléctricas y otros agentes para la instalación de puntos de recarga.
- Facilitar la transferencia de la propiedad y la gestión de la infraestructura de recarga, que favorezca la instalación de infraestructuras por parte de diversos agentes (por ejemplo, hoteles, centros comerciales, centros de ocio, etc.) y la cesión de la gestión a compañías especializadas.
- Modificar las tarifas eléctricas para que reflejen adecuadamente los costes de acceso y uso de la red de distribución; la recarga en horas en que la red está poco utilizada debería pagar

Figura 11. Tráfico de mercancías por medio de transporte terrestre en 2014 (miles de millones de toneladas-km)



tarifas de acceso muy bajas. También deben introducirse tarifas eventuales con el correspondiente recargo en el término de potencia. Estas tarifas deben garantizar que no se discrimina entre usos de la energía y que se asegura la suficiencia económica del sistema.

5. Desarrollar mecanismos y políticas para que la Administración Pública asuma un rol ejemplarizante en la adopción y compra de coches eléctricos.
6. Establecer una estrategia para la transformación de la industria automovilística y sus industrias auxiliares.
7. Desarrollar campañas específicas de promoción de la movilidad eléctrica en flotas y asociaciones gremiales.

8. Desarrollar un plan específico para el desarrollo del autobús eléctrico en centros urbanos.

- Establecer un ambicioso objetivo de penetración de autobuses eléctricos en entornos urbanos (por ejemplo, que el 100% de las nuevas adquisiciones de autobuses en las grandes ciudades sean eléctricos para 2030).
- Fomentar el intercambio de conocimiento y capacidades entre empresas municipales de transporte a través de mecanismos de colaboración promovidos y coordinados por la Administración Central.
- Establecer incentivos a programas de I+D destinados al desarrollo y a la implantación de autobuses eléctricos urbanos.

Descarbonizar el transporte de mercancías requiere la electrificación del transporte ligero, el ferrocarril y el desarrollo de tecnologías aún no disponibles

Un 95% del transporte de mercancías en España se realiza por carretera

En el año 2014 se transportaron en el territorio español alrededor de 210 mil millones de t-km, que supusieron la emisión de 22 MtCO₂ equivalentes. De este volumen, el 95% fue transportado por carretera, tanto mediante vehículos de transporte pesado¹² (174 mil millones de t-km¹³) como por vehículos de transporte ligero (27 mil millones de t-km), que emitieron 16,7 y 5,2 MtCO₂, respectivamente.

Tres palancas para la reducción de emisiones en el transporte de mercancías

Hay diversos factores que están transformando el sistema logístico actual y las soluciones de transporte que lo integran. Destacan los desarrollos regulatorios y normativos (normativa de emisiones Euro VI¹⁴), los nuevos modelos de servicio y consumo (comercio electrónico) o el desarrollo de nuevas tecnologías en los vehículos (*platooning*, conducción autónoma). Sin embargo, estas tendencias no aseguran la casi completa descarbonización del transporte de mercancías, por lo que es necesario, además, un cambio de vector energético (de derivados del petróleo a electricidad o gas) para conse-

guir la descarbonización efectiva y completa del transporte de mercancías. Este cambio requerirá tres elementos principales:

- Cambio modal a transporte ferroviario: El ferrocarril tiene una elevada madurez tecnológica y permite un abatimiento completo de las emisiones (con tracción eléctrica y generación eléctrica 100% renovable), así como un incremento relevante de la eficiencia energética (x5 con respecto al camión convencional). En España, su nivel de desarrollo es muy inferior al de otros países europeos (representa el 5% del transporte de mercancías, frente al 20% en Alemania). La posible utilización del gas natural en el ferrocarril puede considerarse como energía de transición, dado que permite reducir emisiones de elementos contaminantes y un abatimiento parcial de las emisiones GEI.
- Camiones eléctricos: Podrían permitir la eliminación del 100% de las emisiones, pero tienen diferente grado de madurez dependiendo de su capacidad de carga. Por un lado, ya se comercializan en España vehículos eléctricos para el transporte ligero de mercancías (cargas entre 600 y 1.000 kg) y varias compañías están adoptando este tipo de vehículos para sus flotas. Por el otro, el transporte pesado de mercancías mediante camión eléctrico está todavía en las fases iniciales de su desarrollo.
- Camión de gas natural: Es una solución comercialmente viable hoy día, cuya principal ventaja es que reduce, hasta eliminar completamente, las emisiones

de SOx y de partículas, y en gran medida, las de NOx, lo que lo hace especialmente atractivo para su uso en zonas urbanas. Sin embargo, esta tecnología solo consigue reducir entre un 10 y 20%¹⁵ las emisiones de CO₂, por lo que, a efectos de la descarbonización del sistema energético español, se trataría de una tecnología de transición, mientras el resto de soluciones descritas se despliegan completamente.

Para reducir el 50% de las emisiones es necesario multiplicar por cuatro el porcentaje de las mercancías transportadas por ferrocarril en 2030 (y por ocho en 2050) y pasar a vehículo eléctrico ligero la práctica totalidad del transporte ligero de mercancías

Conseguir una reducción significativa de las emisiones del transporte de mercancías en 2050, para pasar de emitir 22MtCO₂ equivalentes en 2014 a emitir menos de 15-18 MtCO₂ en 2050¹⁶, requeriría:

- Asegurar que el camión ligero eléctrico capturase en 2030 entre el 20 y el 30% del tráfico ligero de mercancías (el 3% del total del tráfico de mercancías) y más del 90% en 2050.
- Promover los camiones pesados propulsados por gas natural para que transporten en 2030 entre el 30 y el 35% del tráfico total de mercancías.
- Conseguir que entre el 15% y el 20% del tráfico de mercancías se transporte

¹² Transporte pesado hace referencia a transporte de cargas mayores a 3,5 toneladas, mientras que el transporte ligero se refiere a cargas menores a 3,5 toneladas.

¹³ Estimación del tráfico realizado por las carreteras españolas de camiones pesados de cualquier nacionalidad.

¹⁴ Referida a límites para las emisiones de CO, NOx, HC y partículas de vehículos vendidos en la Unión Europea.

¹⁵ LNG: an alternative fuel for road freight transport in Europe (CIRCE, 2015); Desarrollo del gas natural vehicular en España: análisis de beneficios y potencial contribución a la economía nacional (Gasnam, 2014).

¹⁶ En un escenario continuista, para 2050 el sector del transporte de mercancías emitiría 29-36 MtCO₂.

por ferrocarril de mercancías eléctrico en 2030 y, entre el 35 y el 40%¹⁷ en 2050.

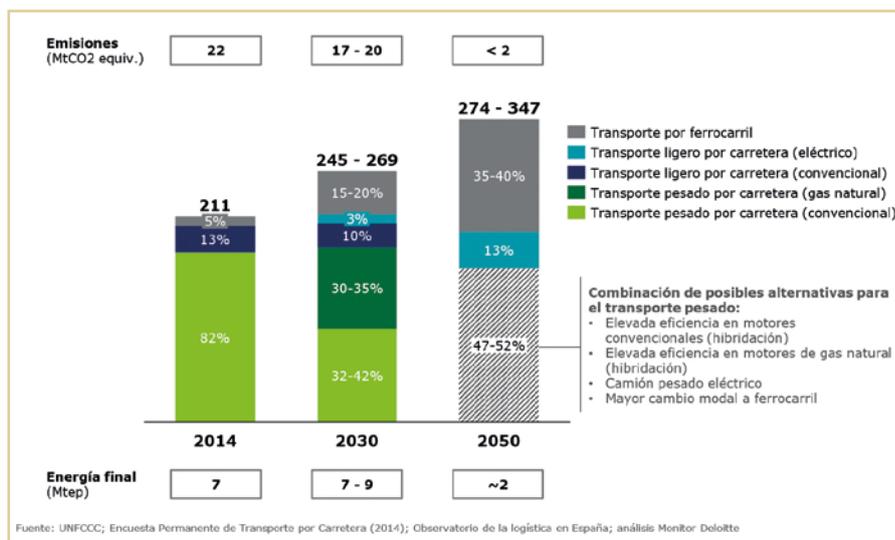
Para el año 2050, el ferrocarril de mercancías y el camión ligero eléctrico permitirían la descarbonización de aproximadamente el 50% del transporte de mercancías (llegando a unas emisiones de 15-18 MtCO₂). Conseguir reducir las emisiones hasta las 2 MtCO₂ necesarias requiere de nuevas tecnologías que hoy se encuentran en fase de desarrollo (por ejemplo, camión eléctrico con pila de hidrógeno o autopistas eléctricas con catenaria).

El ancho de vía ibérico, la ausencia de infraestructuras clave y de sistemas de planificación y gestión especializados y la alta competitividad de la carretera han frenado el desarrollo del transporte ferroviario de mercancías en España

La reducida cuota del ferrocarril en el transporte de mercancías en España es fundamentalmente consecuencia de tres barreras:

a) **El diferente ancho de vía del sistema ferroviario español con respecto al resto de Europa** obliga a que las mercancías que se transportan por ferrocarril a través de la frontera francesa cambien de vagón¹⁸, lo que implica tiempos de espera y sobrecostes relevantes. Esto supone una barrera especialmente importante para los transportes internacionales, que supusieron en el año 2014 45 mil millones de t-km transportadas por las carreteras españolas, el 26% de todo

Figura 12. Evolución del tráfico de mercancías por modo de transporte y emisiones abatidas a 2050 (miles de millones de t-km)



el tráfico pesado de mercancías por carretera.

- b) La **carencia de infraestructuras adecuadas y de sistemas de planificación y gestión** que permitan mejorar la competitividad del ferrocarril de mercancías.
- La dotación presupuestaria destinada al transporte de mercancías ha sido muy reducida, e insuficiente para adaptar la red ferroviaria (diseñada a principios del siglo XX) a la realidad actual del transporte de mercancías y de las necesidades de los clientes. En los últimos 4 años el presupuesto anual destinado especifi-

camente al desarrollo del transporte de mercancías ha sido de 50-150 millones de euros al año. Esto ha provocado una carencia de infraestructuras ferroviarias adecuadas:

- Falta de **accesos adecuados a puertos marítimos**, que impide en muchos puertos un trasvase eficiente de la mercancía desde el buque o zona de almacenamiento hasta el ferrocarril.
- Insuficiencia de apartaderos industriales** en grandes polígonos industriales y de terminales logísticas intermodales¹⁹ con la ubicación, las conexiones y la capacidad adecuadas.

¹⁷ Estimación del porcentaje de mercancías que el ferrocarril puede transportar en España a partir de un análisis de los trayectos de mercancías realizados por carretera (según la "Encuesta permanente de transporte de mercancías por carretera" del Ministerio de Fomento) y de las mejoras en la competitividad del ferrocarril asociadas a las recomendaciones desarrolladas en este estudio. Detalle metodológico en el anexo II del estudio.

¹⁸ La tecnología de cambio de ejes está disponible únicamente en un 1% de los vagones europeos.

¹⁹ Terminal en la que se produce la transferencia de la mercancía entre el camión y el ferrocarril.

Figura 13. Principales barreras de infraestructura existentes en el sistema ferroviario de mercancías español



- Inexistencia de **vías suficientes en las circunvalaciones de los principales centros urbanos** que permitan compatibilizar el tráfico ferroviario de pasajeros con el de mercancías, unido a una programación ferroviaria que prioriza el tráfico de pasajeros y las operaciones de mantenimiento sobre el tráfico de mercancías.
 - Falta de líneas adaptadas a la **circulación de trenes de una longitud de al menos 750 metros** (longitud típica de los trenes de mercancías en otros países europeos).
 - Ausencia de **alimentación eléctrica** en aproximadamente un 30% de la red ferroviaria utilizada por los trenes de mercancías. La alimentación eléctrica generalmente utilizada no está al nivel de tensión utilizado en la red europea (25kV).
 - Los **gálibos** existentes en la gran parte de la red no permiten la circulación de trenes con contenedores de gran tamaño ni de sistemas de "autopista ferroviaria"²⁰.
- Sistemas de planificación y gestión del transporte ferroviario de mercancías:
- Existe una falta de consenso en el desarrollo de dos actuaciones clave para el fomento del transporte de mercancías por ferrocarril: el Corredor Mediterráneo y el Corredor Atlántico²¹. Se han realizado numerosos estudios técnicos y económicos sobre estas infraestructuras, con soluciones técnicas, alcances y estimaciones económicas muy diferentes, y no se ha conseguido alcanzar un consenso técnico ni político que permita la implantación de las medidas necesarias

para el efectivo desarrollo de estos dos corredores.

- Para algunas actuaciones clave, cuya inversión ya ha sido aprobada, existen importantes retrasos en la ejecución de las obras (por ejemplo, algunos tramos concretos en el Corredor Mediterráneo).
- En ocasiones, el diseño técnico de nuevas infraestructuras no ha considerado su impacto negativo en el transporte de mercancías (por ejemplo, la construcción de tramos con rampas que dificultan el transporte de mercancías en la variante de Zaragoza o tramos con tres tipos de sistemas de suministro eléctrico que requieren el uso de locomotoras con tres sistemas de alimentación eléctrica en el tramo Barcelona-frontera francesa).
- La gestión de las terminales logísticas no está adaptada al negocio del transporte por mercancías, ni en sus horarios de funcionamiento, ni en las condiciones del servicio ofrecido a los operadores ferroviarios.

Como consecuencia de esta falta de infraestructura y de los sistemas de planificación y gestión existentes, así como de la sobrecapacidad existente en el sector, la productividad de los recursos (locomotoras, vagones y personal) es inferior a la de otros países, lo que condiciona su explotación eficiente. Por ejemplo, en otros países europeos, los km anuales recorridos por una locomotora son prácticamente el doble y la carga neta por tren un 15-60% superior.

c) **La elevada competitividad del transporte de mercancías por carretera en España:**

²⁰ La tecnología de cambio de ejes está disponible únicamente en un 1% de los vagones europeos.

²¹ Terminal en la que se produce la transferencia de la mercancía entre el camión y el ferrocarril.

- La carretera dispone de una **red más capilar que el ferrocarril** (en España hay 12 veces más km de carreteras que de vías férreas, mientras ese ratio en países como Alemania es de 6 veces).
- El alto grado de atomización del sector genera un elevado nivel de competencia, que se traduce, particularmente en épocas de exceso de oferta, en decisiones de los transportistas (normalmente autónomos) de extender la vida útil de los activos (camiones de mayor antigüedad) y reducir los costes de personal. Esta situación conlleva una reducción significativa en los precios ofertados por este medio de transporte.
- Las **diferentes tasas e impuestos** (impuestos a los combustibles, impuestos de matriculación y circulación, tasas por uso de infraestructura viaria) **aplicados al transporte de mercancías por carretera son inferiores a las aplicadas en otros países europeos comparables** (por ejemplo, un transportista británico o francés paga al año entre 10 y 20 mil euros más por estos conceptos que un español²²).

Estas barreras provocan que el coste teórico del transporte por ferrocarril se sitúe entre 41 y 53 €/1.000 t-km²³, mientras que el coste real del transporte por carretera está en torno a 35 €/1.000 t-km²⁴ e incluso por debajo, llegando puntualmente a los 20-30 €/1.000 t-km (cuando el coste teórico del transporte de mercancías por carretera, calculado por el

Ministerio de Fomento, se encuentra en torno a 45 €/1.000 t-km²⁵).

El desarrollo de los vehículos eléctricos para el transporte ligero de mercancías se enfrenta a barreras similares a las del coche eléctrico

Las barreras a las que se enfrenta la electrificación del transporte ligero de mercancías mediante vehículo eléctrico son similares a las existentes en el desarrollo del coche eléctrico: las menores prestaciones con respecto al camión ligero convencional y la falta de infraestructura de recarga. A pesar de ello, existen determinados factores que facilitan su penetración: en este sector las decisiones de compra están más justificadas por criterios económicos, y las rutas seguidas por los vehículos suelen ser más predecibles, lo que facilita la recarga en momentos y emplazamientos óptimos.

Recomendaciones para la descarbonización del transporte de mercancías

Se deben establecer políticas para impulsar el transporte ferroviario de mercancías: planificación y gestión de infraestructuras que exploten las ventajas económicas del ferrocarril e imputación al transporte por carretera las externalidades generadas y el uso de las infraestructuras viarias:

1. Realizar una planificación de infraestructuras ferroviarias destinadas específi-

mente al desarrollo del transporte de mercancías, en el horizonte de los próximos 15 años, que sea consensuada y acordada por los principales agentes (Administración Central, Comunidades Autónomas, Ayuntamientos clave, operadores ferroviarios, operador de infraestructuras). Esta planificación debe incluir un acuerdo que permita el desarrollo de los corredores clave para el transporte de mercancías en España en el corto plazo: el Corredor Mediterráneo y el Corredor Atlántico.

Se detallan a continuación una serie de actuaciones sobre las infraestructuras, que se estima que requerirían entre 10 y 17 mil millones de euros de inversión. De este modo, se podría reducir el coste de transporte de mercancías por ferrocarril hasta los 15-28 €/1.000 t-km:

- Actuaciones que permitan reducir o eliminar las necesidades de acarreo²⁶ en el transporte por ferrocarril, lo que conseguiría reducir el coste hasta 12 €/1.000 t-km:
 - Completar las conexiones con los principales puertos marítimos.
 - Desarrollar centros logísticos con las conexiones, el equipamiento y la capacidad necesarios. Estos centros deberían desarrollarse prioritariamente en los grandes centros de consumo, como en las principales ciudades o zonas industriales.
 - Incentivar la instalación de apartaderos en los principales centros de

²² Supone: distancia recorrida por locomotora: 70.000-80.000 km/año; personal de conducción: 5.000-40.000 km/año; carga por tren 400-500 t/tren; coste acarreo: 300 €/camión*día.

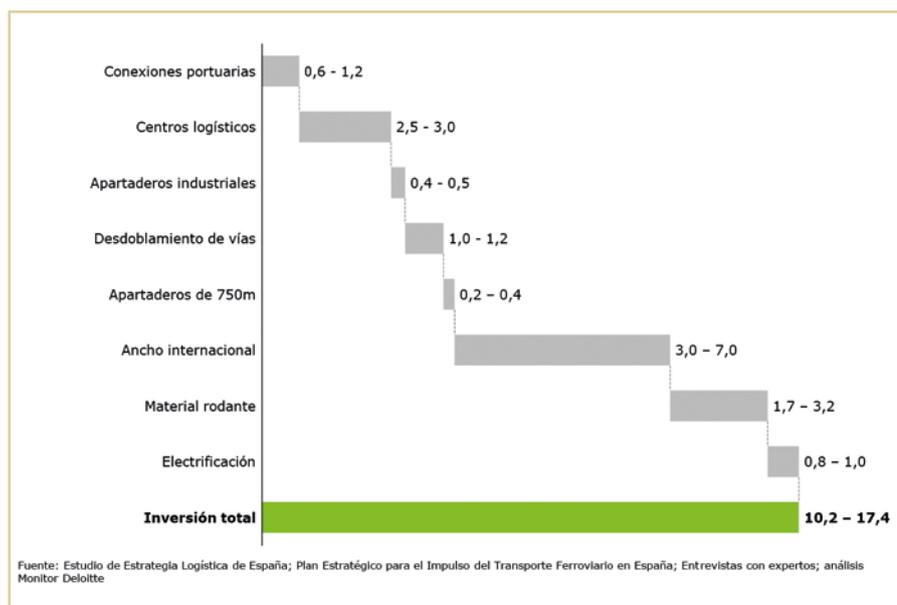
²³ Supone: distancia recorrida por locomotora: 70.000-80.000 km/año; personal de conducción: 5.000-40.000 km/año; carga por tren 400-500 t/tren; coste acarreo: 300 €/camión*día.

²⁴ Supone: salario total personal de conducción: 20.000 €/año; periodo amortización vehículo: 12 años.

²⁵ Supone: salario total personal de conducción: 43.000 €/año; periodo amortización vehículo: 8 años.

²⁶ Se denomina acarreo a la operación de transporte de la mercancía desde el punto de origen hasta el ferrocarril o desde el ferrocarril hasta el punto final de destino de la mercancía.

Figura 14. Inversiones en infraestructuras (miles de millones de euros)



producción y de consumo (por ejemplo, grandes fábricas o polígonos industriales). Se debe asegurar que los centros que se desarrollen en el futuro incluyan en su planificación la conexión con la red ferroviaria de mercancías.

- Actuaciones que permitan un incremento de la productividad de los recursos (locomotoras, vagones y personal de conducción), consiguiendo reducir el coste en 11-20 €/1.000 t-km:
 - Construir líneas adicionales para la circulación de los ferrocarriles de mercancías en las circunvalaciones de las principales zonas urbanas de Madrid y Barcelona, así como adaptar los intervalos de mantenimiento de infraestructura a la optimización de la circulación de trenes de mercancías.
 - Programar los intervalos de mantenimiento de la infraestructura ferroviaria para posibilitar la mayor circulación de trenes de mercancías, y flexibilizar los horarios de apertura de las termi-

nales logísticas para que se adapten a las necesidades reales de los operadores ferroviarios de mercancías.

- Adecuar el gálibo de la red básica ferroviaria para permitir la circulación de contenedores de mayor volumen y el desarrollo de autopistas ferroviarias.
- Adaptar las líneas férreas de la red principal para permitir la circulación de trenes de, al menos, 750 metros de longitud, lo que permitiría mayores economías de escala y reducir en 1-6 €/1.000 t-km el coste de transporte del ferrocarril de mercancías. Esta medida requiere básicamente de la construcción de apartaderos de esa longitud para que los trenes puedan apartarse de la vía en caso de adelantamiento o cruce.
- Electrificar las líneas férreas a la tensión utilizada comúnmente en otros países europeos (25kV), lo que conseguiría reducir en 1-3 €/1.000 t-km el coste de transporte del ferrocarril de mercancías.

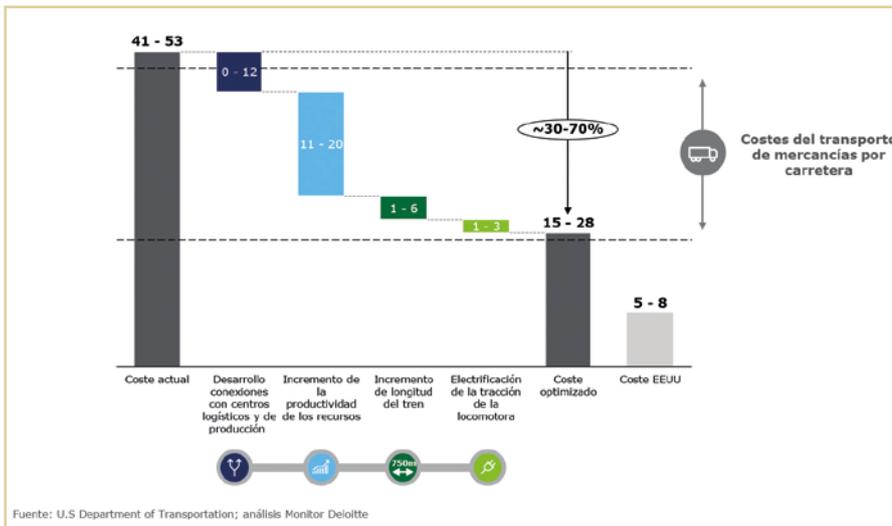
- Implantar el ancho de vía internacional en toda la red ferroviaria española, con un claro calendario de desarrollo, que permita a los diferentes agentes la adaptación progresiva de sus activos. Asimismo, establecer ayudas e incentivos a la adaptación de locomotoras y vagones al nuevo ancho de vía.

2. Imputar al transporte de mercancías por carretera los costes del uso de la infraestructura y de las externalidades medioambientales que genera. Esta imputación podría implantarse mediante impuestos específicos sobre los hidrocarburos, los impuestos de matriculación y circulación, o mediante mecanismos tipo Euroviñeta.

Para alcanzar los niveles necesarios de penetración del camión ligero eléctrico se requiere un sistema de incentivos a la adquisición y un modelo específico de despliegue para la infraestructura de recarga asociada:

- Establecer un plan específico para la penetración de camiones de transporte ligero de mercancías, que incluya un objetivo de penetración de este tipo de vehículos de aproximadamente 1 millón de vehículos en 2030:
 - Definir mecanismos de incentivo fiscal para la incorporación de camiones ligeros eléctricos en las flotas de empresas logísticas y empresarios autónomos durante los próximos 5 años.
 - Restringir progresivamente el tráfico de transporte ligero de mercancías con camiones convencionales en las proximidades o dentro de núcleos urbanos a partir del año 2020.
 - Definir un calendario para la retirada y prohibición de venta de vehículos de transporte ligero convencional.
 - Desarrollar mecanismos y políticas para que la Administración Pública asuma un rol ejemplarizante en

Figura 15. Reducción de costes de transporte por ferrocarril en un escenario de enfoque de la planificación y la gestión de las infraestructuras hacia mercancías (€/1.000 toneladas-km)



la adopción y compra de vehículos eléctricos.

- Desarrollar campañas específicas de promoción de la movilidad eléctrica para flotas de transporte de mercancías y asociaciones gremiales.
- Establecer un sistema de incentivos a la instalación de puntos de recarga rápidos en lugares de elevada intensidad o en espacios destinados a flotas de compañías, mediante el desarrollo de incentivos fiscales a la instalación de estas infraestructuras y otro tipo de medidas como:
 - Ajustar la normativa relativa a la conexión a la red eléctrica, para que la nueva infraestructura de red necesaria para la alimentación de la infraestructura de recarga sea responsabilidad de las empresas de distribución, mientras que el poste o estación de recarga sea un elemento propio del usuario o de los operadores de la recarga.
 - Establecer una alternativa (despliegue y operación de los puntos de recarga

por parte del distribuidor) en caso de que el mecanismo diseñado no asegure el despliegue del volumen mínimo de infraestructura de recarga de acceso público especialmente dedicada al tráfico de mercancías.

- Eliminar las barreras administrativas actualmente vigentes para el gestor de carga, como la necesidad de tener un objeto social relacionado con la venta y compra energía eléctrica.
- Incentivar la interoperabilidad total en el pago de la recarga y asegurar que se permite dicho pago por parte de cualquier usuario en cualquier punto de recarga.
- Simplificar los trámites administrativos con municipios, Comunidades Autónomas, compañías eléctricas y otros agentes para la instalación de puntos de recarga, incluyendo los trámites para permisos, alta de suministro eléctrico, etc.
- Modificar las tarifas eléctricas para que reflejen adecuadamente los costes de

acceso y uso de la red de distribución; la recarga en horas en que la red está poco utilizada debería pagar tarifas de acceso muy bajas. También deben introducirse tarifas eventuales con el correspondiente recargo en el término de potencia. Estas tarifas deben garantizar que no se discrimina entre usos de la energía y que se asegura la suficiencia económica del sistema.

El desarrollo del camión impulsado por gas natural, como medida de transición, requiere de mecanismos que incentiven la construcción de infraestructuras de repostaje de este tipo de combustible y de medidas de fomento de la demanda de este tipo de vehículos.

Por último, serán necesarias actuaciones que permitan desarrollar proyectos de I+D de otras tecnologías de transporte pesado de mercancías que permitan descarbonizar completamente el transporte de mercancías (camión de hidrógeno, autopistas eléctricas, etc.).

La reducción de emisiones de elementos contaminantes por los buques atracados (NOx, SOx, etc.) es una actuación clave para reducir el impacto del transporte marítimo en las ciudades

Las emisiones de elementos contaminantes en los puertos españoles equivalen a la circulación de millones de vehículos convencionales

Durante el tiempo de atraque en puerto, los buques mantienen sus motores auxiliares en funcionamiento para generar la electricidad necesaria para alimentar sus sistemas internos. Este proceso provocó durante el año 2014 unas emisiones de

aproximadamente 0,5 MtCO₂ equivalentes, 9.000 toneladas de NOx (equivalente a la circulación de 1,2 millones de vehículos convencionales), 300 toneladas de SOx (equivalente a la circulación de 30 millones de coches, equivalentes en antigüedad, tipología y uso a coches medios del parque español), así como una gran cantidad de otros elementos contaminantes como CO, partículas, etc. Esto es debido a que el gasoil marítimo utilizado por los barcos durante su atraque en puerto tiene unas 5 veces más NOx y unas 100 veces más SOx que el diésel de coche. Estas emisiones afectan a zonas densamente pobladas o turísticas cercanas a las áreas de influencia de los principales puertos españoles.

Debido al relevante impacto sobre la salud y la calidad de vida de la población afectada, la Comisión Europea ha desarrollado una serie de normativas dirigidas a reducir estas emisiones. Entre ellas, cabe destacar la obligación progresiva de reducir el azufre contenido en el combustible que pueden utilizar los buques en atraque (actualmente es el 0,1% en masa), la obligatoriedad de que los países garanticen el suministro de GNL y de electricidad a los buques en atraque y el establecimiento de estándares que aseguren la interoperabilidad de conexión de sistemas de alimentación con combustibles alternativos en toda la Unión Europea.

Existen dos grandes alternativas para reducir las emisiones de buques atracados en puerto: uso de gas natural y suministro eléctrico

El uso de gas natural permite reducir emisiones de elementos contaminantes (100% de abatimiento de SOx y 90% de NOx) tanto en puerto como en navegación (imprescindible en zonas marítimas con restricciones sobre las emisiones, si no se poseen sistemas de limpieza de gases), pero evita únicamente

entre el 25 y el 40% de las emisiones de CO₂. Por su parte, el uso de electricidad consigue una descarbonización total, si es generada con un *mix* 100% renovable.

Barreras para el desarrollo del suministro de gas natural a buques

Las principales barreras para el desarrollo del uso del gas natural (GNL) en buques atracados son:

- Barreras a la implantación en puertos de sistemas de suministro de GNL a buques:
 - La complejidad técnica del suministro de GNL que puede requerir elevadas inversiones si no se tiene un acceso a la red de gas cercana (por ejemplo, regasificadoras).
 - El limitado número de puntos de suministro de GNL en los principales puertos, ya que no todos los países de la Unión Europea están apostando por las mismas tecnologías como herramienta para la descarbonización del transporte marítimo.
- Barreras a la adaptación de los buques al consumo de gas natural:
 - Las inversiones en la adaptación o sustitución de los motores de la flota existente son muy elevadas, y su rentabilidad depende de los mares que surque y del tiempo restante de vida útil.
 - Posibles problemas operativos en la transformación del buque por el mayor volumen de combustible a almacenar (casi el doble que con gasoil).

Barreras para el desarrollo del suministro eléctrico a buques atracados

A pesar de sus ventajas a la hora de reducir las emisiones GEI y de elementos conta-

minantes, la electrificación del suministro a buques atracados se enfrenta a una serie de barreras que dificultan su desarrollo:

- El coste de inversión es elevado y depende de las instalaciones ya existentes en el puerto y de la red eléctrica cercana, así como del tipo de buque a suministrar. La inversión total para instalar un punto de suministro a ferris/Ro-Ros, portacontenedores y cruceros es aproximadamente de 1,5-2,5, 1,5-3,5 y 2-4,5 millones de euros respectivamente.
- La utilización del punto de suministro por parte de los buques es reducida, pero debe abonar las tarifas de acceso a la red eléctrica completas, lo que dificulta la rentabilidad de estas inversiones con el sistema tarifario eléctrico actual.
- Debido a los dos factores anteriores, los costes de la infraestructura y la actual estructura de la tarifa eléctrica (que no refleja la estructura de costes del suministro eléctrico, al incluir sobrecostes y no asignar de manera óptima los costes en función de la utilización de la red), el coste de suministro eléctrico para un buque es, en general, superior al coste del combustible convencional (190-360 €/MWh frente a unos 235 €/MWh²⁷)
- El buque necesita una inversión para adaptar su consumo a este sistema (0,2-0,5, 0,4-0,6 y 0,75-1,5 millones de euros para un ferri/Ro-Ro, portacontenedor y crucero respectivamente).

Existen determinados tipos de buques con mayor potencial en los que realizar las inversiones necesarias para el consumo de energía eléctrica. Estos buques serían fundamentalmente ferris, Ro-Ros, cruceros y portacontenedores, ya que son los buques que emiten un mayor volumen de elemen-

tos contaminantes, recorren rutas más regulares y predecibles (por ejemplo, algunos ferris recorren siempre el mismo trayecto entre dos puertos) y realizan escalas con una mayor frecuencia.

Existen numerosos ejemplos de adopción internacional de medidas para reducir las emisiones

En el caso del GNL, ya existe una flota internacional de unos 80 buques propulsados por GNL²⁸. Respecto al suministro de electricidad, esta tecnología se ha desarrollado principalmente en dos zonas geográficas: la costa oeste americana y el norte de Europa. Como ejemplos, en el puerto de Rotterdam se ha instalado capacidad de suministro a buques de 3,5 MW, en el puerto de Amberes 1MW, o en el puerto de Seattle 13 MW. En 4 de los 20 principales puertos de mercancías del mundo ya hay instalado algún sistema de suministro eléctrico para buques atracados (Los Angeles, Rotterdam, Hamburgo y Amberes).

Recomendaciones para la reducción de emisiones por parte de buques atracados

Para fomentar el uso del GNL como combustible en los buques atracados se debería:

- Desarrollar una planificación de las inversiones a realizar para instalar en los principales puertos españoles (especial-

mente aquellos localizados en grandes rutas internacionales) sistemas de suministro de GNL a buques, adoptando en cada uno de ellos la solución económicamente más óptima.

- Incentivar las inversiones, por parte de armadores, para la adaptación de los buques al consumo de GNL, mediante exenciones fiscales a la inversión o ayudas directas.

El desarrollo del suministro eléctrico a buques en atraque requiere:

- Elaborar una planificación para llevar a cabo el desarrollo de las infraestructuras necesarias en los puertos, priorizando aquellos en los que sería más adecuada la instalación de sistemas de alimentación eléctrica a buques atracados, y estableciendo un calendario de despliegue que servirá de guía a los diferentes agentes.
- Incentivar las inversiones para desarrollar las infraestructuras portuarias necesarias:
 - Para aquellos puertos definidos como prioritarios, incluir las inversiones necesarias dentro de un plan de infraestructuras portuarias que permita la adecuada planificación y gestión de estas inversiones.
 - Ajustar la normativa relativa al acceso y la conexión a la red eléctrica, para

que toda la nueva infraestructura de red necesaria sea responsabilidad de las empresas de distribución, mientras que los puntos de conexión en los puertos sean elementos propios de los operadores de éstos.

- Modificar las tarifas eléctricas para que reflejen adecuadamente los costes de acceso y uso de la red de distribución; la recarga en horas en que la red está poco utilizada debería pagar tarifas de acceso muy bajas. También deben introducirse tarifas eventuales con el correspondiente recargo en el término de potencia. Estas tarifas deben garantizar que no se discrimina entre usos de la energía y que se asegure la suficiencia económica del sistema.

Todas estas medidas permitirían reducir los costes que se aplicarían a la venta de energía eléctrica a los buques, lo que permitiría que fuese una opción más atractiva para los armadores, a la vez que harían posible rentabilizar la inversión en el puerto.

Además de las actuaciones descritas, se pueden establecer ayudas económicas específicas para la adaptación de los buques al consumo eléctrico mientras permanecen atracados, como reducir el impuesto especial de electricidad o establecer incentivos fiscales sobre las inversiones necesarias para la adaptación. ■

²⁷ Precio en energía final incluyendo tasas portuarias.

²⁸ DNV GL.