



Un modelo de transporte descarbonizado para España en 2050

Recomendaciones para la transición

Marzo 2017

Han participado en el desarrollo del presente informe los siguientes profesionales de Monitor Deloitte:

- Alberto Amores (Socio)
- Laureano Álvarez (Socio)
- Joaquín Chico (Senior Manager)
- Gonzalo Ramajo (Manager)
- Miguel Sánchez (Consultor Senior)
- Inés Eguiagaray (Consultor)
- Ignacio Sáez (Consultor)

Monitor Deloitte es la práctica de consultoría estratégica de Deloitte, integrada por más de 2.000 profesionales en 30 países. Combina la reputación en consultoría estratégica y metodologías propietarias que Monitor ha desarrollado, con el profundo conocimiento sectorial y las capacidades de implantación de Deloitte, para asesorar a organizaciones líderes a definir estrategias ganadoras e implementarlas de forma exitosa.

Contenido

Objetivos y agradecimiento	4
Resumen ejecutivo	5
La descarbonización del transporte es clave para el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones	25
• La lucha contra el cambio climático y sus implicaciones en el sector del transporte en España	25
• Son necesarias políticas y objetivos de reducción de emisiones más ambiciosos para el transporte	27
• El modelo de transporte en España y su impacto en las emisiones GEI y de otros elementos contaminantes	30
• La descarbonización del transporte requiere su completa electrificación y el desarrollo del ferrocarril de mercancías	32
Descarbonizar el transporte de pasajeros necesita un programa eficaz de incentivos y una red de infraestructura de recarga de acceso público	37
• El coche particular es el medio de transporte de pasajeros más contaminante	37
• La digitalización y la penetración del transporte colectivo determinarán los escenarios futuros de la movilidad de pasajeros	38
• 6 millones de vehículos eléctricos en España en 2030	43
• 90.000 puntos de recarga de acceso público en 2025 y 145.000 en 2030	47
• El desarrollo del vehículo eléctrico en España es testimonial por la falta de incentivos e infraestructura adecuados	54
• El autobús eléctrico está iniciando su desarrollo y se espera un crecimiento acelerado en los próximos años	68
• Recomendaciones para el desarrollo de la movilidad eléctrica en el transporte de pasajeros	70
Descarbonizar el transporte de mercancías requiere la electrificación del transporte ligero, el ferrocarril y el desarrollo de tecnologías aún no disponibles	75
• Un 95% del transporte de mercancías en España se realiza por carretera	75
• Tres palancas para la reducción de emisiones en el transporte de mercancías	76
• Para reducir el 50% de las emisiones es necesario multiplicar por cuatro el porcentaje de mercancías transportadas por ferrocarril en 2030 (y por ocho en 2050) y pasar a vehículo eléctrico la práctica totalidad del transporte ligero de mercancías	83
• 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	87
• El desarrollo de los vehículos eléctricos para el transporte ligero de mercancías se enfrenta a barreras similares a las del coche eléctrico	95
• Recomendaciones para la descarbonización del transporte de mercancías	95
La reducción de emisiones de elementos contaminantes (NOx, SOx, etc.) por parte de los buques atracados es una actuación clave para restringir el impacto en las ciudades	101
• Las emisiones de SOx y NOx en los puertos españoles equivalen a la circulación de millones de vehículos convencionales	102
• Existen dos grandes alternativas para reducir las emisiones de buques atracados en puerto: usar gas natural o suministrar electricidad desde el puerto	104
• Barreras para el desarrollo del suministro de gas natural a buques	106
• Barreras para el desarrollo del suministro eléctrico a buques atracados	107
• Existen ejemplos nacionales e internacionales de adopción de medidas para reducir las emisiones	109
• Recomendaciones para la reducción de emisiones por parte de buques atracados	111
Anexo I: Modelo de estimación del parque de vehículos de pasajeros por tipología de combustible	114
Anexo II: Modelo de estimación del potencial de tráfico de mercancías captable por el ferrocarril	116
Contactos	117

Objetivos y agradecimiento

El presente estudio ha sido elaborado por Monitor Deloitte con el objetivo de profundizar en el rol del transporte en el proceso de descarbonización del modelo energético español. El transporte es el sector que genera un mayor volumen de gases de efecto invernadero en nuestro país, y su evolución es objeto de un creciente debate, no solo por la preocupación sobre la calidad del aire en nuestras ciudades, sino también por la revolución que está experimentando, gracias a la digitalización y a la adopción de nuevos modelos de movilidad.

Las principales líneas de análisis del presente estudio han sido: explicar y justificar la importancia del sector transporte, identificar y priorizar las principales palancas que permitan la completa descarbonización del modelo de transporte español a 2050 y detallar las barreras existentes para la implantación de estas palancas y definir una serie de recomendaciones para superarlas.

Para la elaboración de este estudio se ha contado con la participación voluntaria de un grupo de profesionales de reconocido prestigio en el sector. Esta participación ha tenido el objetivo de compartir y enriquecer los puntos de partida del estudio, así como de aportar su visión sobre las cuestiones más relevantes para la descarbonización del transporte. En este marco, los contenidos, análisis, conclusiones y recomendaciones descritos en este informe no tienen por qué reflejar la opinión de cada uno de los expertos participantes.

Monitor Deloitte quiere agradecer especialmente la colaboración prestada por los siguientes expertos:

- David Bartolomé. Director de Desarrollo en el Sur de Europa, Car2Go Europa.
- Jaime Briales. Jefe de Servicio de Innovación, Energía y Nuevas Tecnologías, Ayuntamiento de Málaga.
- Alberto García. Director Gerente, Fundación de los Ferrocarriles Españoles.
- Santiago García-Milà. Subdirector General de Estrategia y Comercial, Autoritat Portuaria de Barcelona.
- Susana Gómez Garrido. Subdirectora Adjunta de Normativa de Vehículos, Dirección General de Tráfico.
- Rodrigo Hilario. Director de Estrategia, RENFE.
- José Luis Hormaechea. Director General, Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras.
- Miquel LLevat. Presidente, COMSA Rail Transport.
- Juan Antonio Patrón. Director del Área de desarrollo sostenible, Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras.
- Vicente Rallo. ExDirector de Transporte de Mercancías, RENFE.
- Gregorio Serrano. Director General, Dirección General de Tráfico.
- Juan Ángel Terrón. Director de Ingeniería y Medio Ambiente, Empresa Municipal de Transportes de Madrid.
- Jordi Torrent. Jefe de Estrategia, Autoritat Portuaria de Barcelona.
- Jordi Vila. Jefe de Medioambiente, Autoritat Portuaria de Barcelona.

Resumen ejecutivo

La descarbonización del transporte es clave para el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones

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 (emisiones 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 uno de los sectores de actividad que menos ha reducido sus emisiones GEI, un 8%, mientras que los otros dos grandes sectores emisores, 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 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 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 del sector del transporte, 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 transporte es un sector clave en el proceso de descarbonización del modelo energético y en España es la actividad con mayor volumen de emisiones GEI

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).



El modelo de transporte en España y su impacto en las emisiones GEI y 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 NO_x, SO_x, CO y partículas, en los grandes centros urbanos (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 SO_x, las emisiones en los puertos españoles equivalen a la circulación de más de 30 millones de coches, equivalentes en antigüedad, tipología y uso a coches medios del parque español).

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

Los análisis realizados permiten concluir que la aplicación de las medidas adecuadas 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% mientras que 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 alrededor del 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 las mercancías deberían transportarse por ferrocarril eléctrico, el 3% por camión eléctrico ligero (equivalente al 25% del tráfico ligero de mercancías y el 30-35% por camión propulsado por gas natural. Para 2050 el transporte por ferrocarril eléctrico debería suponer el 35-40% y el camión eléctrico ligero el 13% (equivalente a más del 90% del tráfico ligero de mercancías). La práctica totalidad del resto de mercancías deberían transportarse por tecnologías descarbonizadas aún no desarrolladas técnica y comercialmente, como por ejemplo el camión eléctrico pesado.

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.

La penetración de la movilidad eléctrica es un elemento imprescindible si se desea conseguir la descarbonización del transporte de pasajeros en 2050

Para conseguir la efectiva implantación de estas medidas sería necesario una **inversión anual de entre 1.100 y 2.000 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).

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 colectivo 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 23-24 millones de coches para cubrir las necesidades 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 vehículos 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 de los objetivos de descarbonización requiere una elevada penetración del coche eléctrico: en 2025 debería haber un parque de 1,6-2 millones de coches eléctricos y estos deberían suponer un 30-35% en ventas, en 2030 se necesita un parque de 4,4-6 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.

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.

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.

- **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 2,4 y 3,4 millones en 2030.
- **Postes en vía pública normales o semirrápidos⁷:** puntos de recarga situados en estacionamientos en la vía pública o en aparcamientos públicos, disponibles especialmente para aquellos usuarios que no disponen de un espacio privado para la recarga. Serían necesarios unos 4 mil puntos en 2020, entre 40 y 50 mil en 2025 y entre 65 y 95 mil 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 2-3 horas. Serían necesarias unas 11 mil electrolinerías en el año 2020, entre 40 y 50 mil en 2025 y entre 35 y 50 mil electrolinerías en 2030⁹.
- **Puntos de recarga en instalaciones para flotas de vehículos:** serían necesarios 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.).



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 postes con 2 conectores cada uno.

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).

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 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 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 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 para vehículos eléctricos apenas llegan a 40 millones de euros acumulados y son programas que



Los programas de incentivos en España han sido insuficientes y han tenido una eficacia limitada. Todos los planes de incentivos desde 2009, apenas han dedicado 40 millones de euros para la compra de vehículos eléctricos (frente a 1.200 millones de euros desde 2012 para vehículos convencionales)

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 alrededor de 1.200 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:

- 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 en 2015 era 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.
- 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.

Respecto a la infraestructura de recarga, en España **no existe actualmente una red de recarga de acceso público** (postes en vía pública y electrolinerías) 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 electrolinerías 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 alrededor de 4.000, acometida alrededor de 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

En España no existe actualmente una red de infraestructura de recarga de acceso público con la dimensión y capilaridad necesarias para permitir la adopción masiva de la movilidad eléctrica

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 15-20 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.

- 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.
- 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 más allá de 2025. Se estima que serían necesarios unos incentivos acumulados de entre 2.300 y 6.200 millones de euros¹¹.
- 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**.
- 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:

Establecer exenciones de impuestos a la compra de vehículos eléctricos, hasta conseguir una reducción del 20% del coste total frente a los vehículos convencionales

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.



- ♦ 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.

El desarrollo de esta infraestructura tendría un coste de inversión total, hasta 2030, de 1.250-1.650 millones de euros.

- Definir un **modelo que asegure el despliegue** de la infraestructura 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 carga** (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 infraestructura 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 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.
- Desarrollar mecanismos y políticas para que la **Administración Pública asuma un rol ejemplarizante** en la adopción y compra de coches eléctricos.
 - Establecer una estrategia para la transformación de la industria automovilística y sus industrias auxiliares.
 - Desarrollar **campañas específicas de promoción de la movilidad eléctrica en flotas** y asociaciones gremiales.
 - **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 211 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.

Se requiere incentivar la participación de la iniciativa privada en el desarrollo de la infraestructura de acceso público, incluyendo el acceso a fondos de financiación para asegurar la rentabilidad mínima de las infraestructuras planificadas

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.

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 conseguir 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 SO_x y de partículas, y en gran medida, las de NO_x, 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.



¹⁴ Referida a límites para las emisiones de CO, NO_x, 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).



Para reducir el 50% de las emisiones es necesario multiplicar por cuatro el porcentaje de mercancías transportadas por ferrocarril en 2030 (y por ocho en 2050) y pasar a vehículo eléctrico 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 22 MtCO₂ en 2014 a emitir menos de 15-18 MtCO₂ en 2050¹⁶, requeriría:

- Asegurar que el **camión ligero eléctrico capturase en 2030 alrededor del 25% 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 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 hidrogeno 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**:

- 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 el tráfico pesado de mercancías por carretera.

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

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.

- 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 específicamente al desarrollo del transporte de mercancías ha sido de 50-150 millones de euros, de acuerdo al Ministerio de Fomento. Esto ha provocado una **carencia de infraestructuras ferroviarias adecuadas**:
 - ♦ **Falta de accesos adecuados a puertos marítimos**, que impide en muchos de ellos 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.
 - ♦ **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.
 - ♦ 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 Atlántico**²¹. 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 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 en el Corredor Mediterráneo).

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 es inferior a la de otros países, lo que condiciona su explotación eficiente

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

²⁰ Ferrocarril destinado al transporte de camiones, que se montan en vagones especiales y no requiere de trasbordo de la mercancía.

²¹ Corredor Mediterráneo: desde Algeciras hasta la frontera francesa con Cataluña pasando o por Madrid o por la zona de Levante. Corredor Atlántico: desde Algeciras o Portugal hasta la frontera francesa con el País Vasco.

- ♦ 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:

- 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).



22 Cálculo considerado para un vehículo tipo. Recorrido anual: 120.000 km; consumo: 38,5 l/100km; carga útil: 25t.

Se deben establecer políticas para impulsar el transporte ferroviario de mercancías e imputar al transporte por carretera las externalidades generadas y el uso de las infraestructuras viarias

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 del transporte por carretera podría estar 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:**

- Realizar una **planificación de infraestructuras ferroviarias destinadas específicamente 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 acarrees²⁶** en el transporte por ferrocarril, lo que conseguiría reducir el coste hasta en 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.

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 acarrees: 300 €/camión*día.

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

25 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.

- ♦ Incentivar la instalación de apartaderos en los principales centros de 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 terminales 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.
- **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.

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

- **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 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 (NO_x, SO_x, etc.) por parte de los buques atracados es una actuación clave para restringir el impacto en las ciudades

Las emisiones de SO_x y NO_x 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 NO_x (equivalente a la circulación de 1,2 millones de vehículos convencionales), 300 toneladas de SO_x (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 NO_x y unas 100 veces más SO_x 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: usar gas natural o suministrar electricidad desde el puerto

El uso de gas natural permite reducir emisiones de elementos contaminantes (100% de reducción de SO_x y 90% de NO_x) 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.

Durante el tiempo de atraque en puerto, los buques mantienen sus motores auxiliares en funcionamiento. Este proceso provocó durante el año 2014 unas emisiones equivalentes de SO_x a la circulación de 30 millones de coches

- 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 contaminantes, 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 elementos 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 ejemplos nacionales e internacionales de adopción 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).

²⁷ Precio en energía final incluyendo tasas portuarias.

²⁸ DNV GL.

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 (especialmente 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 asegura 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.

La descarbonización del transporte es clave para el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones

La lucha contra el cambio climático y sus implicaciones en el sector del transporte en España

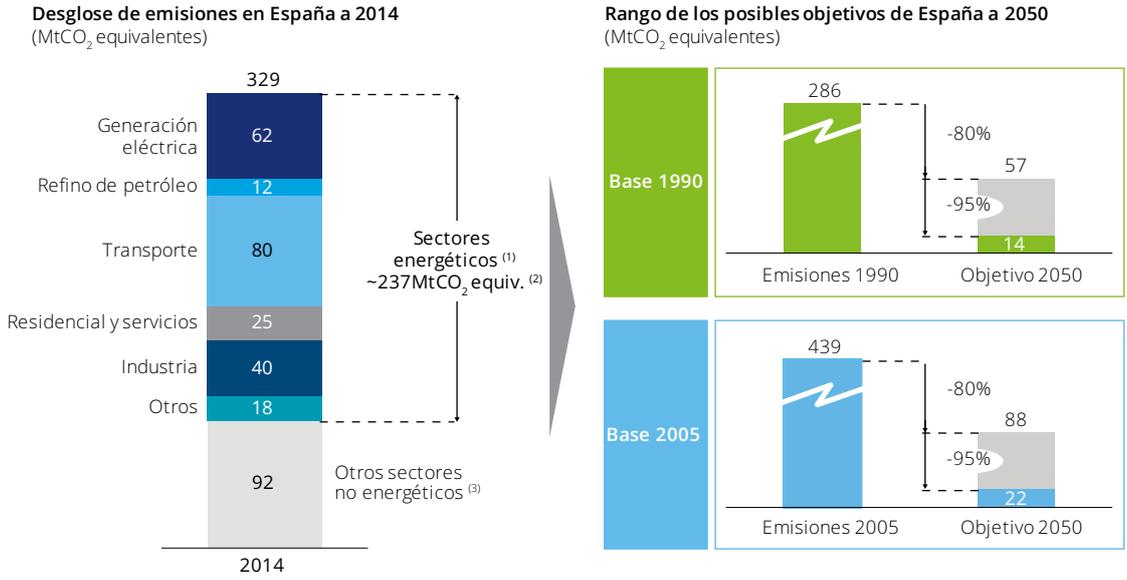
A principios del año 2016 Monitor Deloitte presentó el estudio “Un modelo energético sostenible para España en 2050: Recomendaciones de política energética para la transición”. Este informe analizaba las implicaciones de la descarbonización de la economía española, en el marco del cumplimiento de los objetivos de lucha contra el cambio climático de la Unión Europea para el año 2050, así como una propuesta de recomendaciones para realizar una transición eficiente del modelo energético.

El compromiso europeo de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de entre un 80% y un 95%, dependiendo del año de referencia considerado, implicará para España pasar de emitir 329 MtCO₂ equivalentes en el año 2014 a emitir entre 14 y 88 MtCO₂ en el año 2050, en función del porcentaje de reducción y del año de referencia considerado (ver Cuadro 1).

Para conseguir estos ambiciosos objetivos de descarbonización, todos los sectores económicos han de realizar un esfuerzo conjunto que conduzca a un cambio estructural en el modelo energético español. Este esfuerzo ha de conseguir simultáneamente:

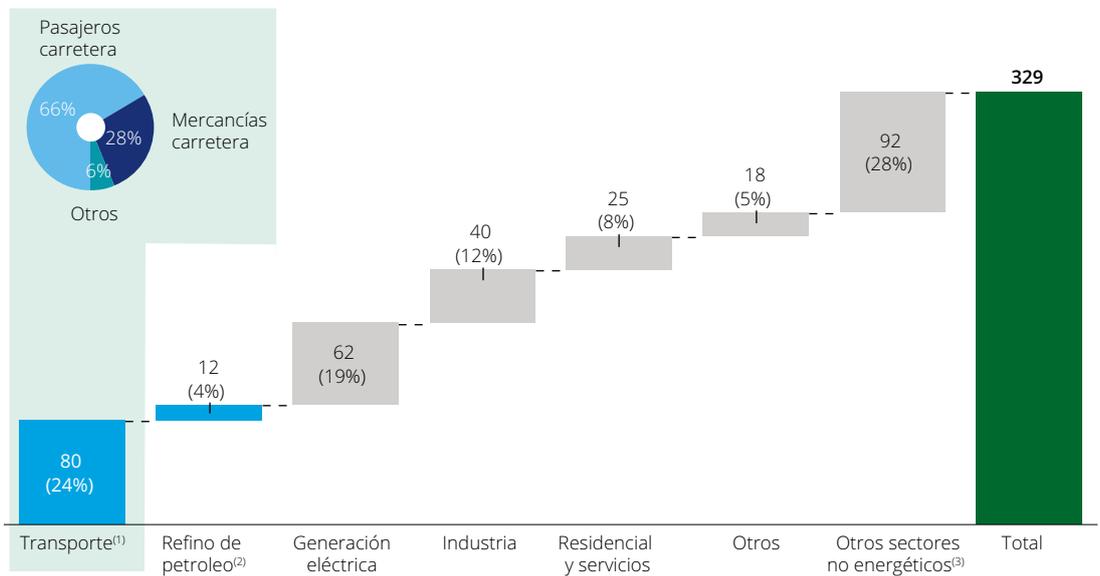
- Cambiar vectores energéticos utilizados actualmente por otros con menores emisiones, sustituyendo el consumo de productos petrolíferos por la electrificación de la demanda y limitando el uso de los derivados del petróleo a aplicaciones en las que no hay alternativa viable libre de emisiones, como el transporte aéreo. En este marco, la electricidad deberá convertirse en el vector energético más extendido, pasando de suponer el 26% del consumo energético final en 2013 al ~65% en 2050.
- Desarrollar un parque de generación eléctrica basado casi exclusivamente en energías renovables. El futuro mix de generación eléctrica debería alcanzar el 90-100% de origen renovable en 2050 (en 2015 este valor fue el 38%). Para ello es imprescindible la capacidad de respaldo que garantice la seguridad de suministro. Existen ciertas tecnologías, como por ejemplo el almacenamiento de energía, que presentan a día de hoy una elevada incertidumbre sobre cuál podría ser su rol en la provisión de este respaldo al sistema eléctrico. Esto supone la necesidad de aprovechar la capacidad de generación eléctrica de respaldo ya instalada.

Cuadro 1: Objetivos de reducción de emisiones GEI en España en 2050 en función de la transposición de los objetivos europeos



(1) Sectores de consumo de energía final según MAGRAMA
 (2) Corresponden en un 98,1% a emisiones de CO₂. Resto corresponden a otros gases con efecto invernadero (por ejemplo, N₂O y CH₄)
 (3) Incluye agricultura, ganadería, usos del suelo y silvicultura, residuos y usos no energéticos en la industria
 Fuente: MAGRAMA; IDAE; análisis Monitor Deloitte

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



(1) No incluye las emisiones derivadas de trayectos internacionales de transporte marítimo y aéreo
 (2) 2/3 de los productos petrolíferos producto del refino de petróleo son destinados al transporte
 (3) Incluye agricultura, ganadería, usos del suelo y silvicultura, residuos y usos no energéticos en la industria
 Fuente: MAGRAMA; IDAE; análisis Monitor Deloitte

- Implantar medidas para reducir la intensidad energética final²⁹ entre un 1,6% y un 2,2% anual mediante actuaciones de eficiencia energética y conservación, fundamentalmente en nueva edificación, rehabilitación de edificios existentes y procesos industriales. Determinadas medidas incluidas en el apartado de cambio de vector energético tendrán un importante impacto en la eficiencia energética global de nuestro sistema energético (por ejemplo, la adopción del vehículo eléctrico).

El transporte es un sector fundamental en el proceso de descarbonización. En España es la actividad que realiza mayores emisiones GEI: emitió en 2014 unos 80³⁰ MtCO₂ equivalentes (el 24% del total de las emisiones GEI de la economía española) (ver Cuadro 2).

Durante los últimos 15 años, el transporte ha sido uno de los sectores de actividad con una menor reducción de sus emisiones GEI (un 8%) mientras que los otros dos grandes sectores emisores, la

generación eléctrica y la industria, han reducido sus emisiones, durante el mismo periodo, un 31% y un 32%, respectivamente. En España, el transporte es el sector más emisor, por delante de las industrias de la energía, a diferencia de la media Europea y países como Alemania, Reino Unido y Holanda (ver Cuadro 3).

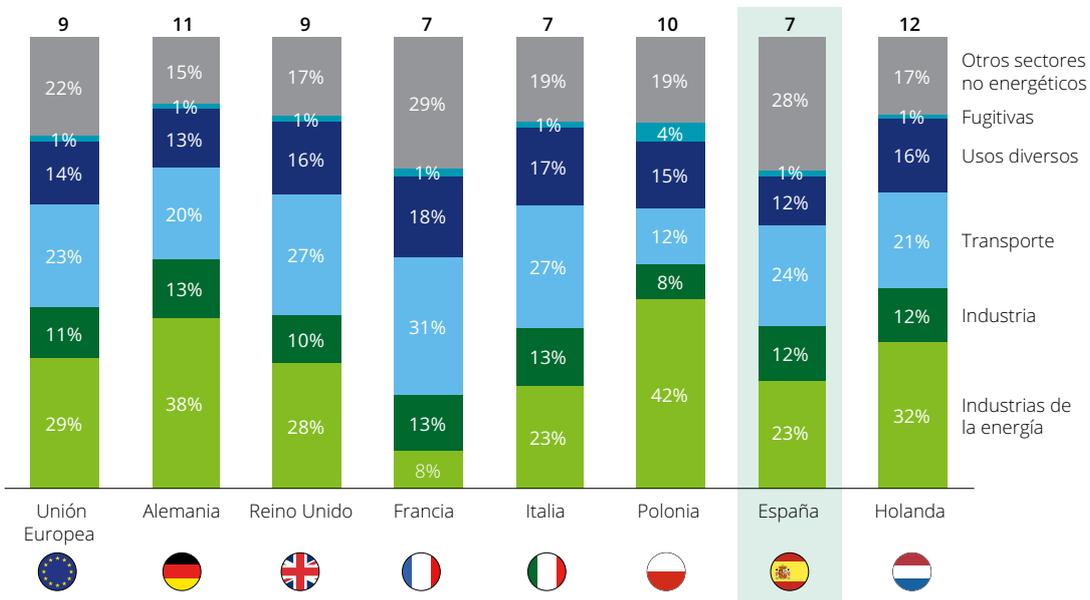
Son necesarias políticas y objetivos de reducción de emisiones más ambiciosos para el transporte

En la Unión Europea, el sector del transporte realiza una importante contribución a la economía (4,8% del valor añadido bruto para el conjunto de la UE-28, equivalente a 548.000 millones de euros) y genera más de 11 millones de puestos de trabajo. Las políticas europeas tienen el objetivo de desarrollar un sistema de transporte eficiente, sostenible y cohesionado, para lo que se enfrentan a los siguientes retos³¹:

- La congestión de las carreteras y del tráfico aéreo, que tiene un coste anual cercano al 1% del PIB europeo.

Cuadro 3: Comparativa de la distribución de emisiones GEI per cápita en los principales países europeos en 2014

(tCO₂/per-cápita)



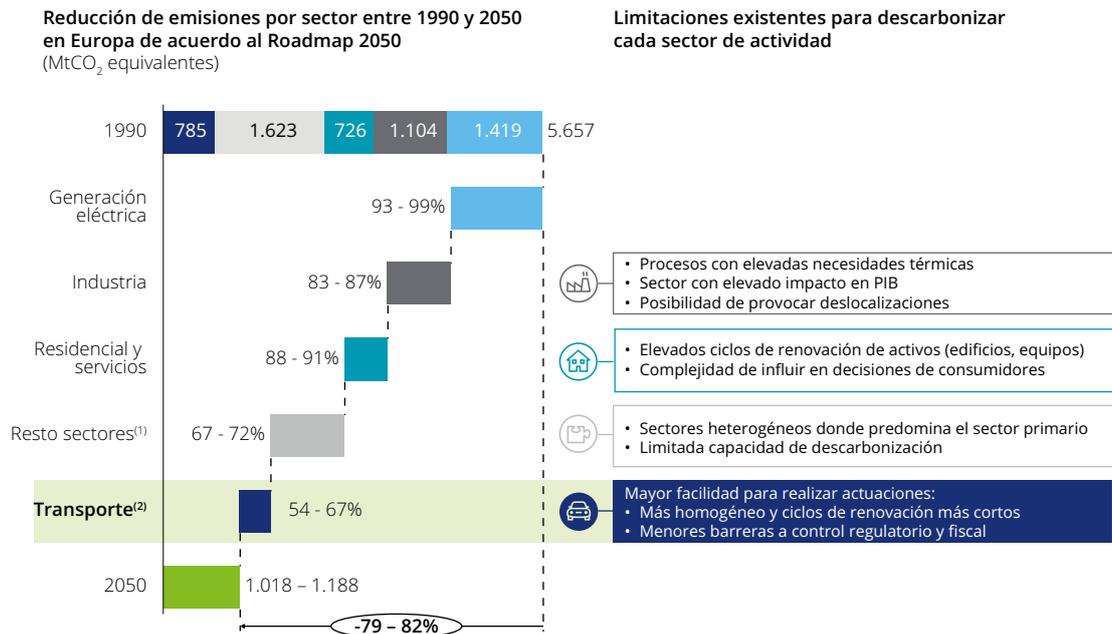
Fuente: UNFCCC; Eurostat; análisis Monitor Deloitte

29 Demanda de energía final / Producto Interior Bruto

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

31 Política de Transportes de la Unión Europea (Comisión Europea, 2014)

Cuadro 4: Objetivos europeos de reducción de emisiones y limitaciones existentes para su descarbonización



(1) Incluye emisiones fugitivas, otras industrias de transformación de energía, pesca, agricultura y otros
 (2) Incluye las emisiones derivadas de la aviación internacional
 Fuente: Comisión Europea; UNFCC; análisis Monitor Deloitte

- La elevada dependencia del petróleo: a pesar del incremento de la eficiencia, el transporte todavía depende del petróleo para cubrir el 96% de sus necesidades de energía.
- Las emisiones GEI provenientes del transporte: durante los últimos 15 años el volumen de emisiones GEI del sector del transporte en la Unión Europea se ha incrementado un 13%.
- La desigual calidad de las infraestructuras de transporte en los diferentes países de la Unión Europea.

En este marco de actuación, la Comisión Europea elaboró en el año 2011 el documento “Hoja de ruta hacia una economía baja en carbono competitiva en 2050” (Roadmap 2050), en la que se analizaban las actuaciones necesarias en cada sector para conseguir una reducción del ~80% de las emisiones GEI en la Unión Europea respecto a 1990. En el caso particular del sector transporte, estas reducciones se estimaron entre +20% y -9% para 2030 y entre -54% y -67% para 2050 (ver Cuadro 4), que posteriormente se tradujeron en el Libro Blanco del Transporte³² en el objetivo de +8% en 2030 y de un -60% en 2050. Al mismo tiempo, los objetivos establecidos en la Hoja de Ruta para los sectores industrial, residencial y servicios a 2050 son cercanos al 90%.

Los objetivos para el sector del transporte no son suficientemente ambiciosos en el contexto de los objetivos globales de descarbonización de la economía europea, máxime si se tiene en cuenta que otros sectores económicos, como el industrial, residencial y servicios, presentan fuertes barreras para conseguir el grado de descarbonización requerido en la “Hoja de ruta hacia una economía baja en carbono competitiva en 2050”.

En el sector industrial existen procesos térmicos con un potencial limitado de abatimiento por cuestiones técnicas, es un sector muy heterogéneo, tiene una elevada competencia internacional y la tecnología de secuestro y captura de CO₂ (imprescindible para alcanzar los niveles de descarbonización previstos) presenta una madurez muy inferior a la esperada. La descarbonización de los sectores residencial y servicios presenta barreras tales como los largos períodos de renovación de los edificios (pueden ser de 30-50 años) o la complejidad de influir en las decisiones de los usuarios e inversores debido a su dispersión. En cambio, el sector del transporte dispone de una mayor madurez en las soluciones técnicas para su completa descarbonización, es más homogéneo en tipologías de activos y los ciclos de renovación de los mismos son más cortos (pueden ser de 10-15 años).

32 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).

Por lo tanto, son necesarios unos objetivos de descarbonización para el sector transporte más ambiciosos, que permitan compensar las barreras existentes en otros sectores y aseguren la consecución de los objetivos globales de descarbonización para el modelo energético europeo y español, tanto a 2030 como a 2050.

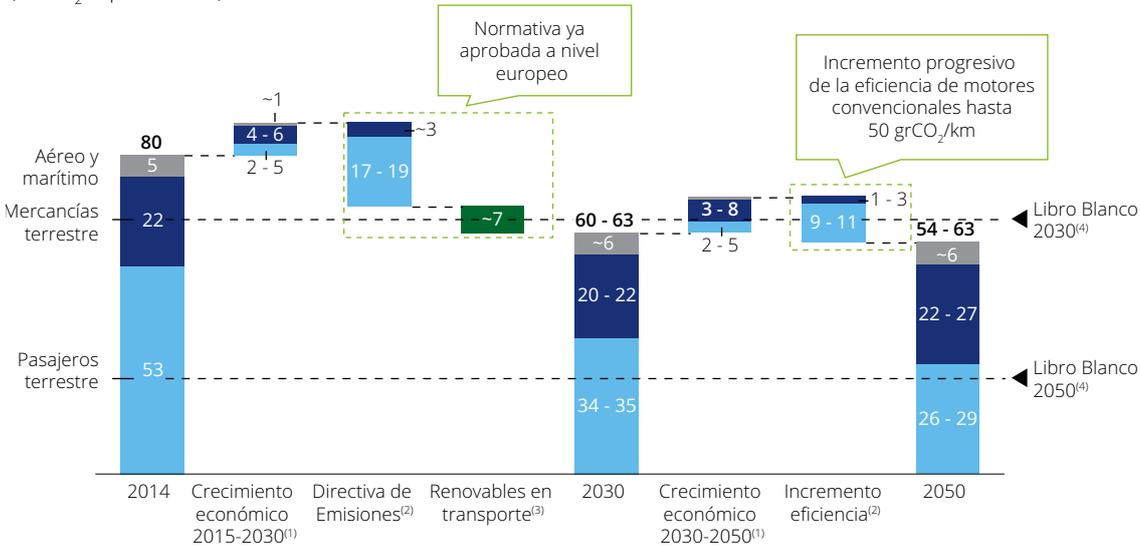
Adicionalmente, existe el riesgo de que la normativa ya aprobada a nivel europeo para la descarbonización del transporte (a través de límites de emisiones a los fabricantes de vehículos y obligatoriedad del uso de biocombustibles) ni siquiera asegure el cumplimiento de los objetivos indicados por el Libro Blanco a 2030. Según algunos estudios³³, la obligatoriedad de que los coches vendidos a partir del año 2021 emitan menos de 95 gCO₂/km (medido como las ventas medias de cada fabricante) podría no reducir de la misma forma las emisiones reales del parque de vehículos, debido a que la metodología seguida para las mediciones no replica el uso real del vehículo por parte de los usuarios. Por otro lado, otros informes³⁴ apuntan

que los biocombustibles, en particular los de primera generación, no generan una reducción real de las emisiones medidas “well-to-wheel”³⁵ e incluso estas son superiores a las del gasoil convencional³⁶.

La Comisión Europea ya ha avanzado³⁷ su ambición de definir estándares de emisiones más restrictivos, cuantificados en el objetivo de que el conjunto de los turismos emitan por debajo de 50 gCO₂/km. Esta estrategia define el avance hacia vehículos de cero emisiones como una prioridad, indicando la necesidad de que Europa acelere la transición hacia vehículos de emisiones bajas o nulas (híbridos enchufables, eléctricos o vehículos de celda de hidrógeno). Sin embargo, ni en los escenarios más optimistas de ganancia de eficiencia energética de los motores convencionales, e incluyendo la hibridación de los mismos (con emisiones medias de 50 gCO₂/km), se podrían reducir las emisiones GEI totales del transporte hasta los actuales objetivos del Libro Blanco a 2050 (ver Cuadro 5).

Cuadro 5: Impacto de la normativa aprobada o en desarrollo en la evolución de las emisiones GEI del transporte hasta 2050

(MtCO₂ equivalentes)



(1) Crecimiento anual medio del PIB: 0,8%-1,6%
 (2) Emisiones unitarias de las altas de vehículos en el año 2021: turismos, 95 gCO₂/km y vehículos ligeros, 147 gCO₂/km. Evolución lineal de la senda de reducción de emisiones unitarias hasta 2050: turismos, 50 gCO₂/km y vehículos ligeros, 77 gCO₂/km
 (3) Consumo de energías renovables de uso final sobre el consumo de energía final del transporte: 10%
 (4) Extrapolación de los objetivos de reducción de emisiones para el sector del transporte europeo a España: 2030 +8% y 2050 -60%, ambos respecto a 1990. No incluye las emisiones derivadas de la aviación internacional
 Fuente: Comisión Europea; WEO; EIU; UNFCCC; análisis Monitor Deloitte

33 Fontaras & Dilara (2012); ICCT (2012); ICCT et al. (2013); CEPS (2016).

34 The land use change impact of biofuels consumed in the EU (Comisión Europea, Ecofys et al., 2015).

35 Emisiones medidas de “pozo a rueda”: emisiones medidas desde el punto de origen de las cosechas para producir el biocombustibles a las emisiones producidas en el coche.

36 Towards an effective EU framework for road transport and GHG emissions (CEPS, 2016).

37 A European Strategy for low-emission Mobility (Comisión Europea, 2016).

Como consecuencia, es necesaria una mayor efectividad en las políticas desarrolladas por la Unión Europea para la descarbonización del transporte, que incluyan:

- La definición de objetivos de emisiones GEI del transporte más ambiciosos que los definidos a día de hoy en el Libro Blanco, tanto a 2030 como a 2050, para asegurar el cumplimiento de los objetivos globales de descarbonización.
- La implantación de políticas que aseguren la consecución de estos objetivos más ambiciosos, incluyendo normativas de emisiones en vehículos más restrictivas (por debajo de los 50 gCO₂/km).

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

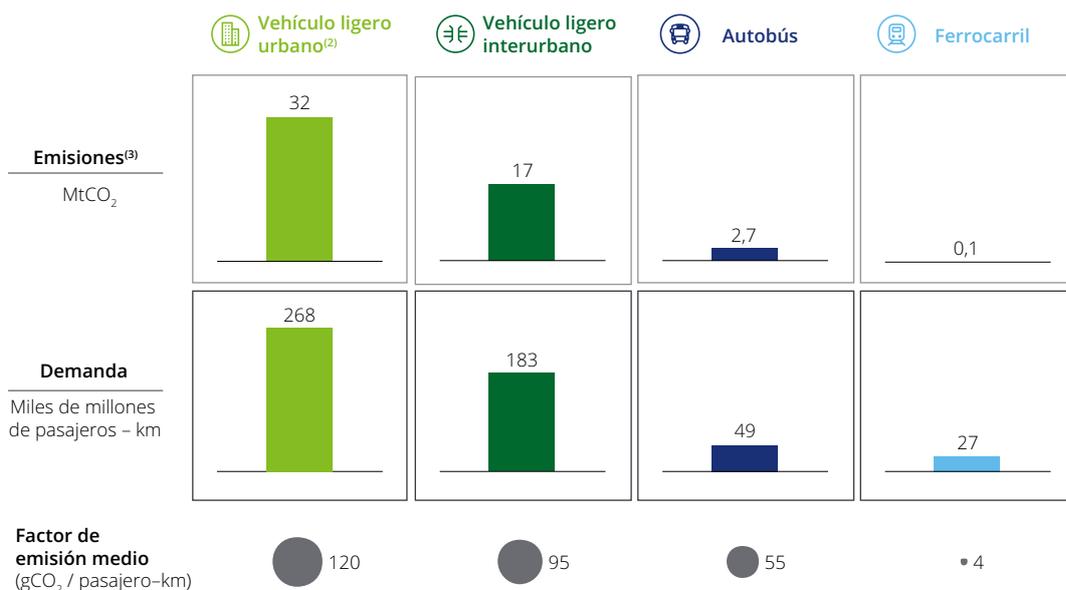
De los 80 MtCO₂ equivalentes que emitió el sector del transporte en España en el año 2014, el 94% fueron producidas por el transporte de pasajeros y de mercancías por medios terrestres (carretera y ferrocarril), responsables, respectivamente, del 66% y del 28% del total.

- El **transporte terrestre de pasajeros** en España supuso en 2014 un total de unos 525 mil millones de pasajeros-km (en vehículos ligeros, autobuses y

ferrocarriles), que emitieron alrededor de 52 MtCO₂ equivalentes. De estas emisiones GEI, los coches fueron responsables del 95%, mientras que el resto fueron derivadas del transporte por tren o autobús. El coche es el medio de transporte de pasajeros más contaminante, tanto en valores absolutos como en unitarios. Las emisiones medias por pasajero-km de los coches en España se sitúan entre 95 y 120 gCO₂/pasajero-km, mientras que las del autobús son alrededor de 55 gCO₂/pasajero-km³⁸ (ver Cuadro 6).

- El **transporte terrestre de mercancías** en España supuso en 2014 un total de ~210 mil millones de toneladas-km, de las cuales el 95% fueron transportadas por carretera mediante camiones y el 5% restante por ferrocarril de mercancías. En dicho año, los camiones que recorrieron el territorio español emitieron alrededor de 22 MtCO₂ equivalentes (28% del total de las emisiones del sector de transporte). De esta cantidad, 16,7 MtCO₂ fueron emitidas por el transporte pesado de mercancías (transporte de cargas superiores a 3,5 toneladas) mientras que las restantes 5,2 MtCO₂ fueron emitidas por el transporte ligero de mercancías (transporte con cargas inferiores a 3,5 toneladas). En términos unitarios (ver Cuadro 7), el camión ligero (~195 gCO₂/tonelada-km) es casi dos veces más contaminante que el camión pesado (entre 100 y 120 gCO₂/tonelada-km).

Cuadro 6: Demanda de pasajeros en España⁽¹⁾ y emisiones GEI en función del modo de transporte en 2014

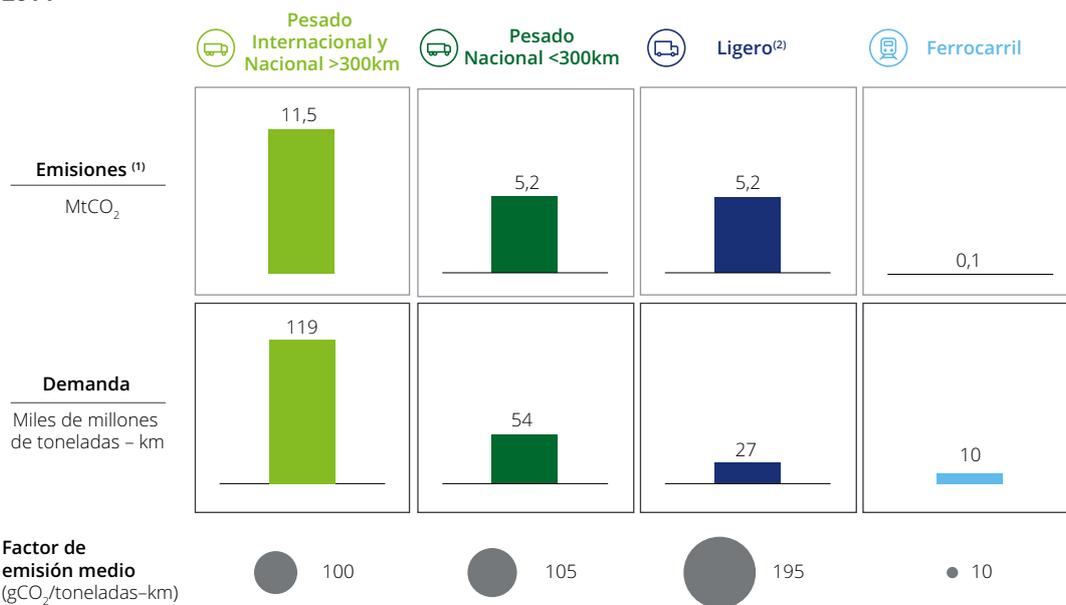


(1) No incluye la demanda de transporte de pasajeros aéreo y marítimo
 (2) Incluye carreteras de entrada a centros urbanos (transporte periurbano)
 (3) No incluye las emisiones GEI derivadas de la generación de energía eléctrica
 Fuente: Ministerio de Fomento; UNFCCC; análisis Monitor Deloitte

38 Nivel de ocupación: 1,2-1,8 pasajeros por coche y 15 pasajeros por autobús. Emisión media: 160 gCO₂/km en coches y 850 gCO₂/km en autobuses.



Cuadro 7: Demanda de mercancías en España⁽¹⁾ y emisiones GEI en función del modo de transporte en 2014

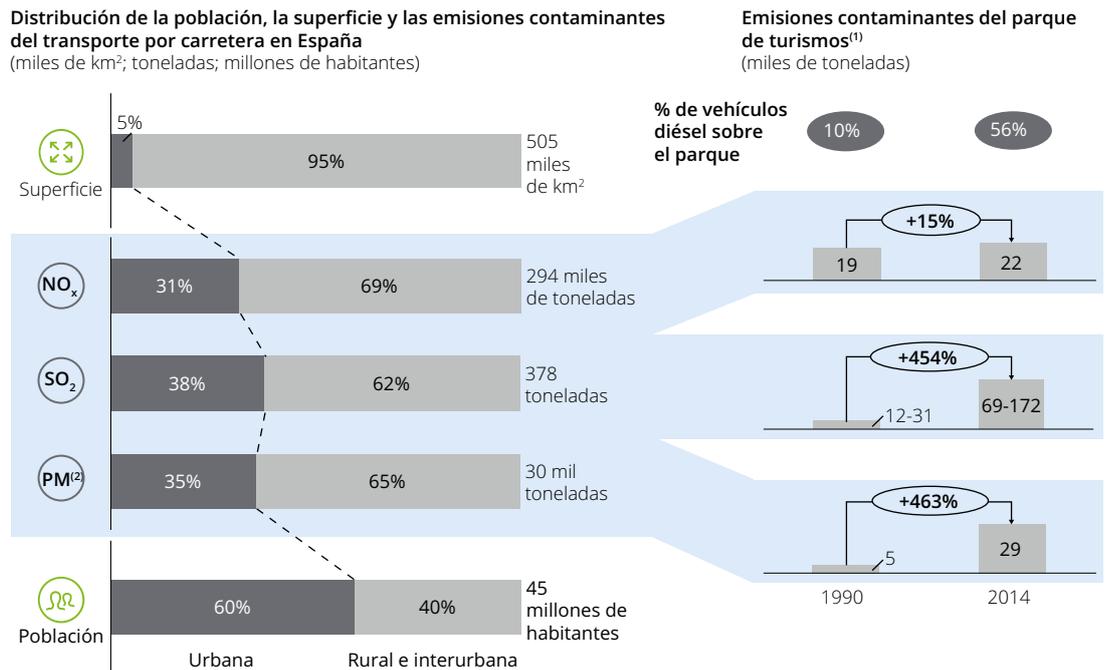


(1) No incluye la emisiones GEI derivadas de la generación de energía eléctrica

(2) Transporte con una capacidad de carga útil no superior a 3,5 toneladas. Se considera un consumo medio de 11 l/100km, una carga media de 1,5 toneladas y un factor de emisión medio de 287 gCO₂/km

Fuente: Observatorio del transporte en España; Encuesta Permanente del Transporte por Carretera 2014; Ministerio de Fomento; UNFCCC; análisis Monitor Deloitte

Cuadro 8: Concentración de emisiones de gases contaminantes en principales zonas urbanas en 2014



(1) Considerando un parque constante de 22 millones de vehículos
(2) Suma de las partículas másicas de menos de 2,5 micras (PM_{2,5}) y de menos de 10 micras (PM₁₀)
Fuente: IDAE; RACE; ANFAC; ICEA; MAGRAMA; INE; análisis Monitor Deloitte

Además de las emisiones GEI, el actual modelo de transporte genera un elevado volumen de emisiones de elementos contaminantes, tales como el óxido de nitrógeno (NO_x), el óxido de azufre (SO_x) o el monóxido de carbono (CO). Estas emisiones, principalmente derivadas de la proliferación de vehículos diésel en el parque de vehículos ligeros, tienen un especial impacto en la calidad del aire de los grandes centros urbanos, lo que constituye otro de los grandes problemas asociados al actual modelo de transporte de nuestro país. Alrededor del 35% de las emisiones de NO_x y SO_x derivadas del transporte por carretera se producen en un 5% de la superficie española, correspondiente a grandes zonas urbanas, y afecta directamente al 60% de la población española (ver Cuadro 8). Estas emisiones de elementos contaminantes tienen probados efectos adversos para la salud de los ciudadanos³⁹ y por tanto se deben acometer actuaciones para su reducción y control.

El consumo de energía por parte de los **buques atracados en los puertos** españoles fue responsable de la emisión de una gran cantidad de estos elementos contaminantes, el equivalente a la circulación de millones de vehículos convencionales (por ejemplo, en el caso del SO_x, las emisiones equivalen a la circulación de más de 30 millones de

coches, equivalentes en antigüedad, tipología y uso a coches medios del parque español). Este impacto afecta especialmente a zonas densamente pobladas o turísticas, cercanas a las áreas de influencia de los principales puertos españoles (ver Cuadro 9).

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

Conseguir la descarbonización del sector del transporte requiere, en el corto plazo, un amplio abanico de políticas coordinadas en diversos niveles y ámbitos, debido a:

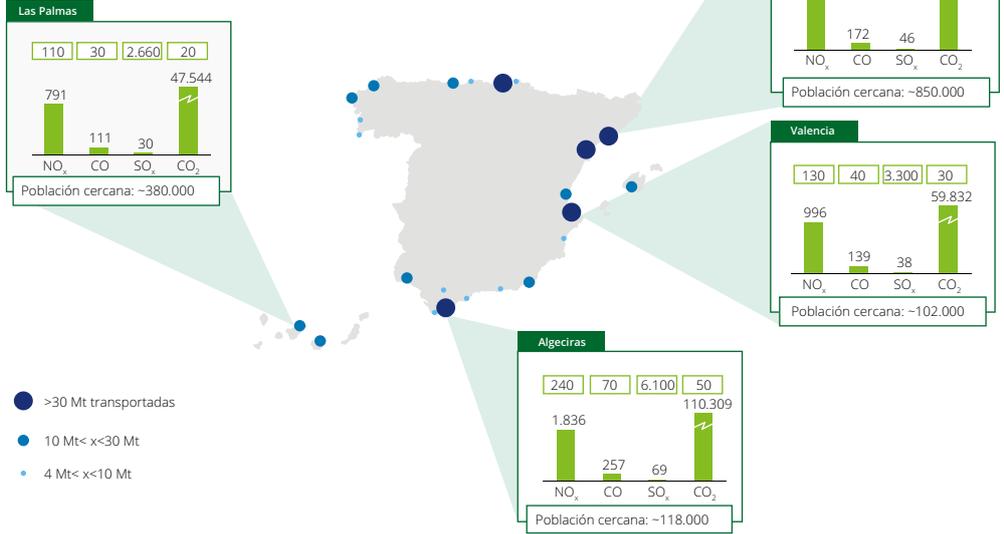
- La incertidumbre sobre los periodos de adopción masiva de las nuevas soluciones de transporte por parte de consumidores y compañías privadas en España. A día de hoy, y por razones diferentes, la movilidad eléctrica de pasajeros o el cambio modal a ferrocarril han tenido un desarrollo muy limitado en nuestro país, en comparación con otros países europeos.
- La cuantía de las inversiones que deben realizarse tanto por parte de agentes públicos como privados y que han de contar con una adecuada visibilidad sobre su recuperación y rentabilidad en el largo plazo.

39 Según la Organización Mundial de la Salud, la contaminación atmosférica urbana aumenta el riesgo de padecer enfermedades respiratorias agudas, como la neumonía, y crónicas, como el cáncer del pulmón y las enfermedades cardiovasculares

Cuadro 9: Demanda de transporte y emisiones contaminantes producidas en los principales puertos de las costas españolas por los buques atracados en 2014

Datos ilustrativos

- XX Miles de coches medios equivalentes
- Datos de contaminantes en toneladas



Fuente: Puertos del Estado; análisis Monitor Deloitte



- La complejidad de coordinar a los diferentes agentes (Administraciones Públicas, operadores logísticos, fabricantes de equipos, empresas de infraestructuras, ciudadanos, etc.) necesarios para desarrollar las políticas de incentivos y de desarrollo de infraestructura.

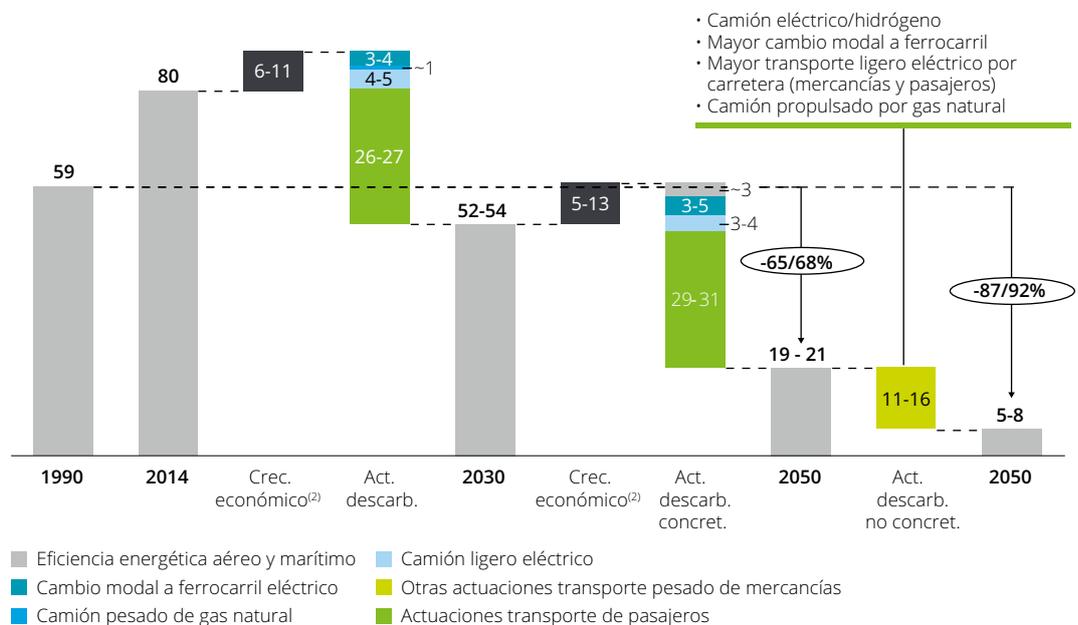
A partir de la madurez de cada una de las tecnologías de transporte, de las barreras existentes para su desarrollo y de su impacto sobre la descarbonización, se ha realizado una estimación del potencial de desarrollo de diferentes políticas y de cuál sería el impacto sobre la descarbonización del sector del transporte⁴⁰. La introducción de estas políticas podría reducir los actuales 80 MtCO₂ equivalentes en el sector transporte a entre 52 y 54 MtCO₂ en 2030, y a entre 5 y 8 MtCO₂ en 2050 (ver cuadro 10). Esta mayor ambición es necesaria para compensar las barreras existentes en otros sectores de actividad y asegurar que se alcanzan los objetivos globales de descarbonización para el modelo energético español y europeo. A continuación, se presentan las palancas analizadas y su impacto en la descarbonización del transporte:

- En el **transporte de pasajeros**, sería necesario conseguir una penetración de los vehículos eléctricos e híbridos enchufables⁴¹ del ~10% del parque total de coches en 2025, del ~25% en 2030 y de más del 90% en 2050, lo que equivale a un porcentaje de ventas del 30-35% en 2025, del 50-60% en 2030 y de prácticamente el 100% a partir de 2040. Esto permitiría descarbonizar el ~30% del transporte de pasajeros en 2030 y el ~95% en 2050, llegando a emitir 29-31 MtCO₂ equivalentes en 2030 y menos de 4 MtCO₂ en 2050.

- En el **transporte de mercancías**, sería necesario desarrollar medidas que permitan reducir las emisiones del transporte de mercancías desde los 22 MtCO₂ en 2014 a 19-21 MtCO₂ en 2030 y a 15-18 MtCO₂ en 2050. Reducir las emisiones GEI hasta las menos de 2 MtCO₂ necesarias en 2050 requeriría tecnologías que a día de hoy se encuentran en fase de desarrollo.

- El 25% del transporte ligero de mercancías (que en el año 2014 representó el 13% del total de mercancías transportadas) se realizase mediante camión o furgoneta eléctrica en el año 2030, y más del 90% en 2050. Debido a la similitud en

Cuadro 10: Reducción global de emisiones por sectores del transporte según actuaciones de descarbonización analizadas
(MtCO₂ equivalentes)



(1) Reducción de emisiones GEI derivada de la aplicación de las palancas analizadas en el presente informe

(2) Crecimiento anual medio del PIB: 0,8%-1,6%

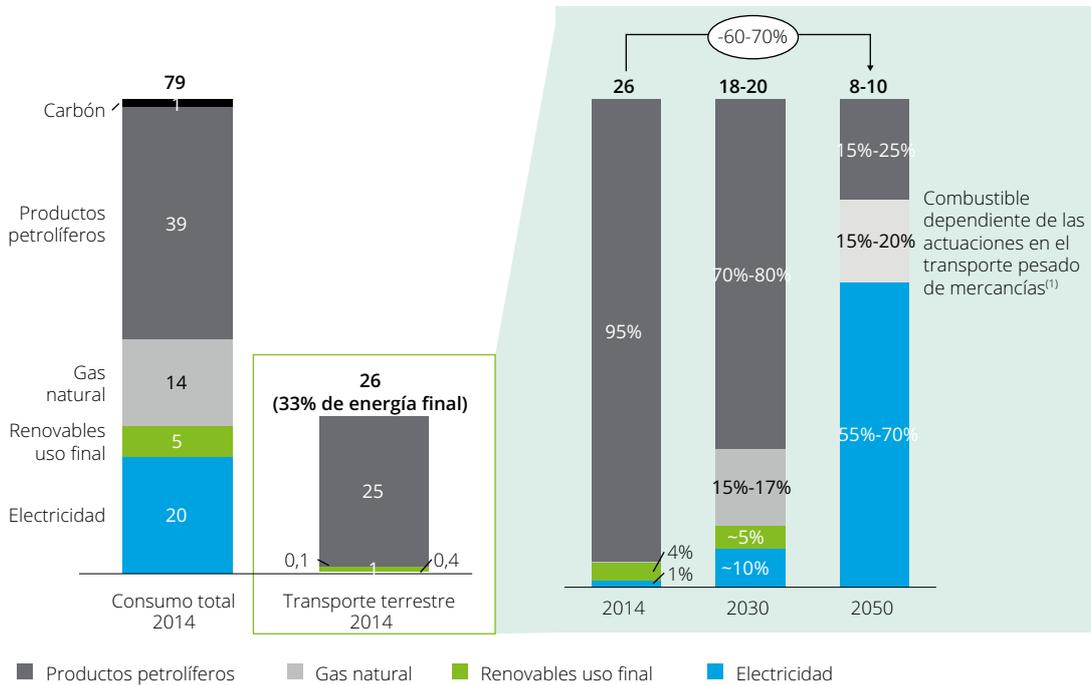
Fuente: UNFCCC; WEO; EIU; Comisión Europea; análisis Monitor Deloitte

40 Estimaciones desarrolladas a lo largo del documento, en sus respectivos capítulos, y más en detalle en los anexos I y II

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

Cuadro 11: Evolución del consumo de energía final del transporte terrestre por tipo de combustible según actuaciones de descarbonización analizadas

(Mtep)



(1) Rango estimado a partir de la cobertura del 47%-52% de la demanda del transporte de mercancías por parte de un camión eléctrico
Fuente: IDAE; análisis Monitor Deloitte

la madurez de esta tecnología con la del coche eléctrico, se ha estimado un nivel de penetración equivalente.

- El 30-35% del transporte total de mercancías a 2030 se realice por camión pesado propulsado por gas natural.
- El 15-20% del transporte total de mercancías en 2030 se realice mediante ferrocarril eléctrico, alcanzando el 35-40% en 2050. Esta penetración es el potencial máximo captable por el ferrocarril, a partir de un análisis de las mercancías transportadas según la distancia del trayecto y la tipología de mercancía, así como de las mejoras en la competitividad del ferrocarril asociadas a las recomendaciones desarrolladas en este estudio⁴².
- Se desarrollen tecnologías libres de emisiones para descarbonizar el transporte pesado por carretera que no pueda ser traspasado al ferrocarril (alrededor del 50% del total del transporte de mercancías en 2050) para poder reducir las emisiones hasta los 2 MtCO₂ en 2050. Actualmente, existe una elevada incertidumbre sobre el desarrollo de tecnologías de transporte pesado libres de emisiones: autopistas con

catenarias eléctricas que permitan la circulación de camiones con pantógrafo, camiones de pila de hidrógeno o introducción de sistemas híbridos en motores de combustión interna, y por ello, no es posible anticipar cuáles de estas serán finalmente las que se desarrollen.

Este proceso de descarbonización supone una transformación de los vectores energéticos utilizados en el transporte por carretera, ya que ha de permitir reducir el consumo de productos derivados del petróleo y un incremento notable del consumo de electricidad. Esta transformación conllevará una mejora de la eficiencia energética del sector del transporte. En el año 2014 se consumieron 26 Mtep de energía final en el transporte terrestre (pasajeros y mercancías). Según los escenarios analizados, para el año 2030 la energía final consumida por el transporte terrestre sería de 18-20 Mtep y para el año 2050 de 8-13 Mtep. El peso de los productos petrolíferos en la energía final pasaría de un 95% en el año 2014, a un 70-80% en el año 2030 y a 15-20% en el año 2050. Por su parte, la electricidad incrementaría su peso en el sector del transporte, pasando de representar menos del 1% de la energía final consumida en 2014, a un 10% en 2030 y a un 45-70% en el año 2050 (ver Cuadro 11).

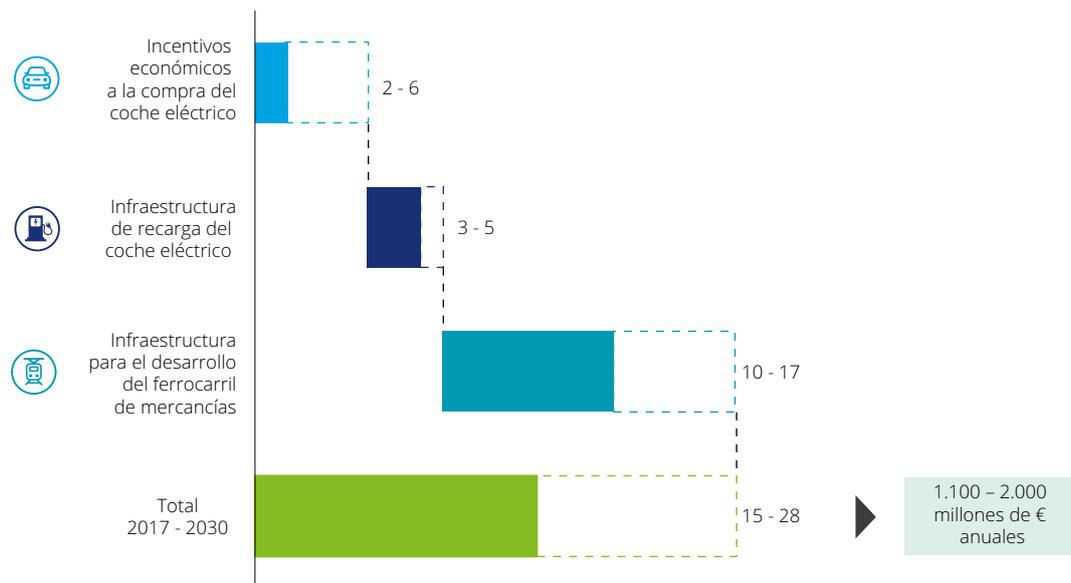
42 Estimación del porcentaje de mercancías que el ferrocarril puede transportar en España a partir de un análisis de los trayectos de mercancías realizados por carretera (según la "Encuesta permanente de transporte de mercancías por carretera" del Ministerio de Fomento) y de las mejoras en la competitividad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



Para conseguir la implantación efectiva de las medidas de descarbonización planteadas se requeriría una inversión de entre 1.100 y 2.000 millones de euros anuales hasta el año 2030, lo que supone un total de entre 15 y 28 miles de millones de euros. Estas

inversiones estarían destinadas a los incentivos a la compra de coches eléctricos, al desarrollo de infraestructura de recarga de acceso público y al desarrollo de infraestructura destinada al ferrocarril de mercancías (ver Cuadro 12).

Cuadro 12: Fondos necesarios entre 2017 y 2030 para la descarbonización del transporte en España
(miles de millones de €)



Nota: No incluye inversiones necesarias en incentivos a vehículos de transporte de mercancías eléctricos (camiones ligeros y camiones pesados) y la infraestructura de recarga asociada, incentivos a vehículos de transporte de mercancías propulsados con gas natural (y la infraestructura asociada) e inversiones para la adaptación del consumo de los buques durante su atraque en puerto
Fuente: análisis Monitor Deloitte

Descarbonizar el transporte de pasajeros necesita un programa eficaz de incentivos y una red de infraestructura de recarga de acceso público

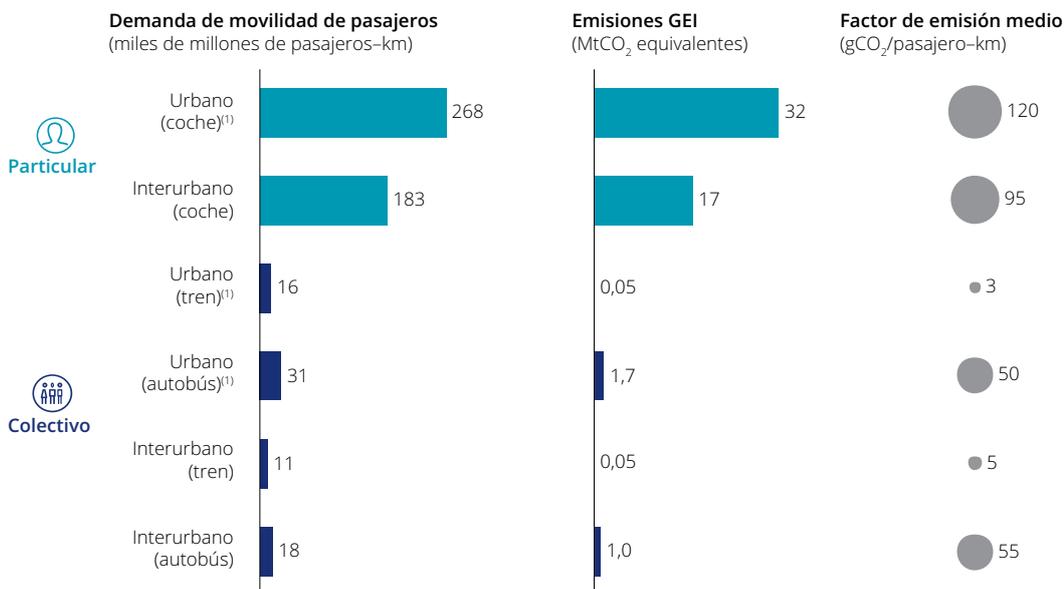
El coche particular es el medio de transporte de pasajeros más contaminante

Los ~525 miles de millones de pasajeros-km recorridos en España en el año 2014 supusieron la emisión a la atmósfera de alrededor de 52 MtCO₂ equivalentes. Los vehículos particulares cubrieron el 86% de la movilidad de pasajeros en dicho año, siendo el medio de transporte más extendido, tanto en trayectos urbanos como en trayectos interurbanos. Asimismo, el coche es el medio de transporte más contaminante (ver Cuadro 13), tanto en términos

absolutos (los 49 MtCO₂ que emiten los coches suponen el 94% de las emisiones del transporte terrestre de pasajeros), como en términos relativos (el coche es alrededor de dos veces más contaminantes que el autobús).

El 14% restante de los pasajeros-km fue transportado por autobuses y trenes, que fueron responsables del 6% de las emisiones GEI del transporte terrestre de pasajeros. La elevada ocupación media de los trenes y autobuses en comparación con los coches provoca

Cuadro 13: Demanda de pasajeros en España y emisiones GEI por modo de transporte en 2014



(1) Incluye trayectos por carreteras de entrada a centros urbanos (transporte periurbano) y trenes de cercanías
Fuente: Ministerio de Fomento; UNFCCC; análisis Monitor Deloitte

que, aunque tengan factores de emisión superiores en términos de vehículos-km recorridos, sean modos de transporte mucho más eficientes en términos de consumo de energía y de emisiones GEI por pasajero-km.

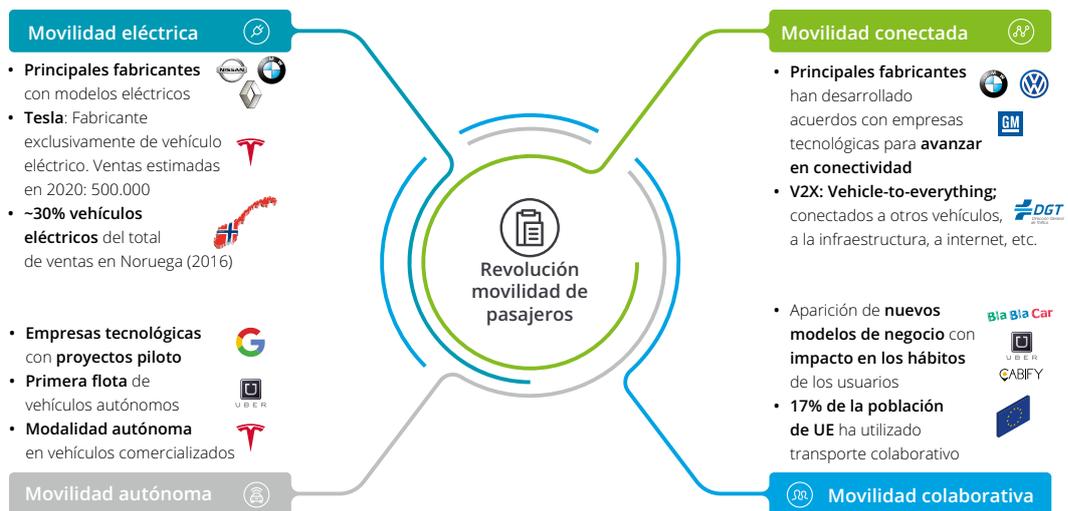
La digitalización y la penetración del transporte colectivo determinarán los escenarios futuros de la movilidad de pasajeros

Actualmente se está produciendo una revolución en el transporte de pasajeros. El paradigma del vehículo propulsado por un motor de combustión interna, en propiedad, no conectado y conducido por una persona, está cambiando rápidamente hacia el de vehículo propulsado con motor 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 (ver Cuadro 14):

- **Movilidad eléctrica.** Los principales fabricantes de vehículos ya disponen en el mercado de modelos eléctricos. Existen algunas compañías que han apostado exclusivamente por la movilidad eléctrica, como por ejemplo Tesla. Esta compañía ha vendido 160.000 vehículos en 2015 y tiene planes para aumentar su capacidad de fabricación hasta las 500.000 unidades anuales de un único modelo en el año 2020.
- **Movilidad conectada.** Los principales fabricantes de vehículos ya incorporan desarrollos tecnológicos que permiten a los vehículos conectarse con otros dispositivos externos, tales como teléfonos

Cuadro 14: La revolución tecnológica en la movilidad de pasajeros



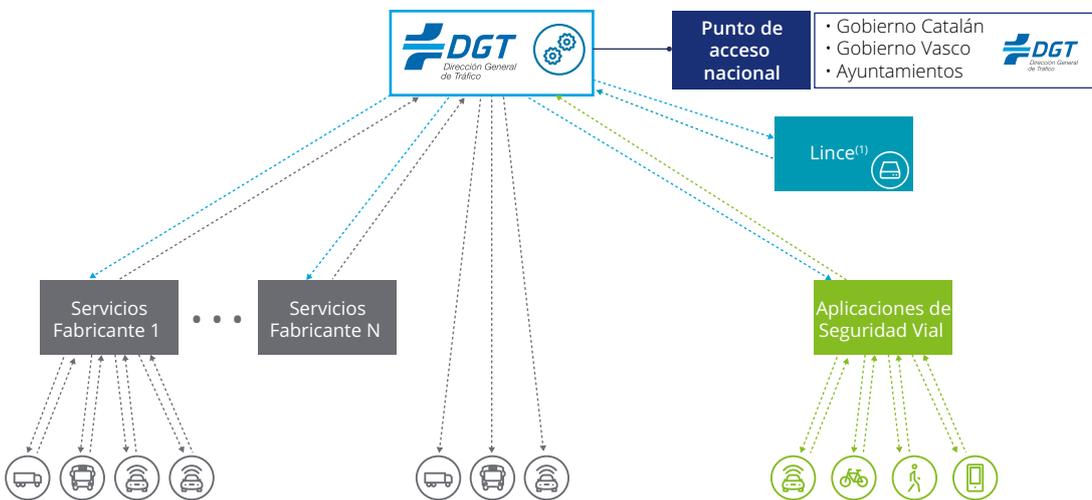
Fuente: análisis de prensa; Crunchbase; Tesla; análisis Monitor Deloitte

El paradigma del vehículo propulsado por un motor de combustión interna, en propiedad, no conectado y conducido por una persona, está cambiando rápidamente hacia el de vehículo propulsado con motor eléctrico, compartido, conectado y conducido de modo autónomo

móviles, centros de gestión de datos y otros vehículos. Esta conectividad puede ser utilizada con diversos objetivos, como proporcionar información al usuario, desarrollar modelos de gestión avanzada del tráfico o reducir la tasa de accidentes. La Dirección General de Tráfico (DGT) está desarrollando una plataforma que facilita el intercambio de datos en tiempo real de todos los agentes implicados en la movilidad, con el objetivo de tomar decisiones que permitan circular en un entorno más seguro y sostenible (ver Cuadro 15). Según su programa "DGT 3.0: Hacia una movilidad inteligente", esta herramienta ha de permitir avanzar hacia la consecución de los objetivos: 0 fallecidos, 0 lesionados, 0 congestión y 0 emisiones en el tráfico por carretera.

- **Movilidad colaborativa.** En los últimos años, han aparecido una gran cantidad de compañías de movilidad cuyos servicios están basados en economía colaborativa. Entre los ejemplos más populares cabe destacar: Uber (servicios de movilidad bajo demanda), que está presente en más de 300 ciudades y tiene más de 1 billón de trayectos acumulados; Blablacar (aplicación para compartir trayectos interurbanos con otros usuarios), que tiene más de 35 millones de usuarios en todo el mundo; Cabify (servicios de e-hailing), que está presente en más de 30 ciudades en el mundo y Car2go (servicio de coches de uso compartido sin estaciones fijas de alquiler), que está presente en más de 50 ciudades y que en Madrid dispone de una flota de 500 vehículos.

Cuadro 15: Modelo de movilidad conectada para la gestión del tráfico



(1) Localizador de Incidencia en las Carreteras de España
Fuente: DGT; análisis Monitor Deloitte



- **Movilidad autónoma.** Grandes empresas, tanto tecnológicas como fabricantes de vehículos, están desarrollando proyectos piloto en este campo (por ejemplo, Google a través de Waymo, Apple, Mercedes, etc.). En 2016 Uber lanzó una flota de coches autónomos en Pittsburg y San Francisco. Tesla incorporará en todos sus modelos el hardware necesario para la conducción autónoma a partir de 2017.

Esta transformación está enmarcada en un amplio conjunto de tendencias de cambio (ver Cuadro 16) que van a tener un elevado impacto en la movilidad de pasajeros, cuya evolución dará forma al futuro del transporte de pasajeros.

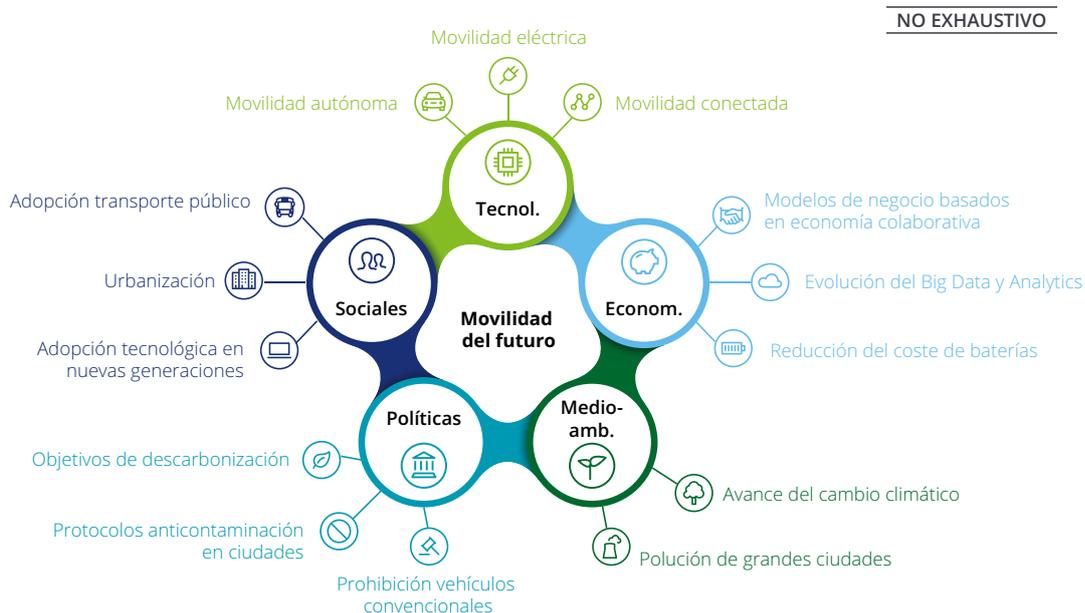
Todas estas tendencias están interrelacionadas entre sí y se refuerzan unas con otras, dando lugar a una serie de incertidumbres críticas sobre cómo evolucionará la movilidad en los próximos años. Esto da como resultado diferentes escenarios futuros de movilidad. En este informe se han identificado como

incertidumbres críticas el nivel de **colectivización** y el grado de **digitalización** del transporte de pasajeros (ver Cuadro 17).

A partir de estas dos incertidumbres críticas, se han construido cuatro escenarios de futuro que recogen las posibles evoluciones de la movilidad de pasajeros (ver Cuadro 18) y que se diferencian de modo significativo en el número de vehículos necesarios para cubrir una misma demanda de movilidad.

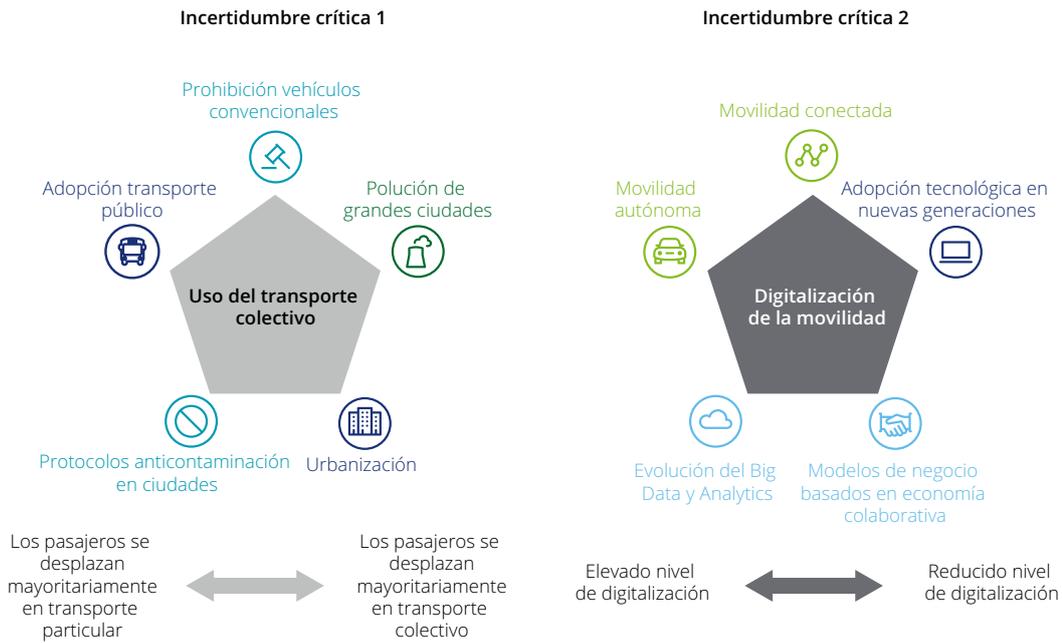
- **Todo cambia para que nada cambie.** Este es un escenario en el que se ha incrementado la eficiencia de los motores de combustión interna, los sistemas de control de tráfico son mucho más inteligentes que los actuales y se ha avanzado en las políticas de fomento del transporte público. La naturaleza de la movilidad actual se mantiene, ya que los nuevos modelos de negocio colaborativos y el transporte público no han sido capaces de modificar los hábitos de movilidad, ni la importancia del status, ni la flexibilidad/independencia que aporta el coche

Cuadro 16: Tendencias con impacto en la movilidad de pasajeros



Fuente: análisis Monitor Deloitte

Cuadro 17: Incertidumbres críticas para el desarrollo futuro de la movilidad de pasajeros



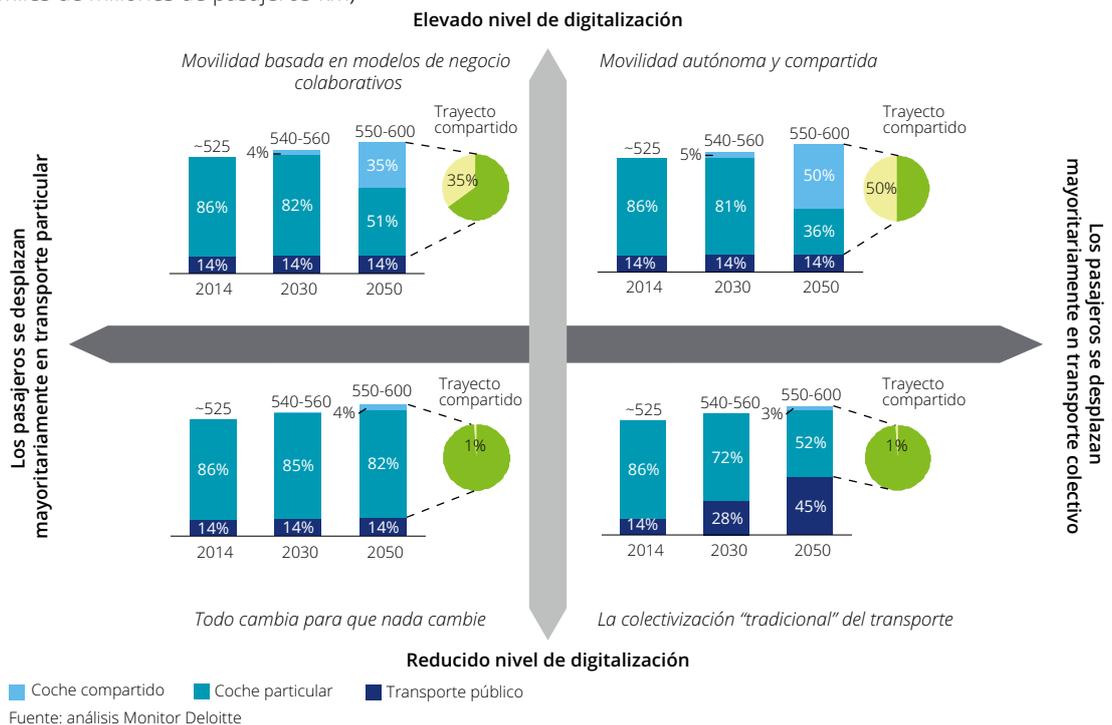
Fuente: análisis Monitor Deloitte

Cuadro 18: Escenarios de la movilidad de pasajeros en el futuro



Fuente: análisis Monitor Deloitte

Cuadro 19: Demanda de movilidad de pasajeros en función del escenario de movilidad
(miles de millones de pasajeros-km)



particular. En el año 2050 circulan por las calles españolas 23-24 millones de coches (ver Cuadro 20), cubriendo las necesidades del 86% de la movilidad de pasajeros⁴³ (82% con coche particular y 4% con coche compartido; ver Cuadro 19); el 14% restante se realiza en transporte público colectivo.

- **Movilidad basada en modelos de negocio colaborativos.** Este es un escenario donde la introducción masiva de la digitalización en el transporte facilita el desarrollo de modelos basados en economía colaborativa, lo que conlleva una mayor utilización de los vehículos⁴⁴ y una reducción del parque de vehículos necesario. Aun así, la flexibilidad que aporta la propiedad privada del vehículo sigue siendo relevante en los hábitos de movilidad. Debido a la mayor utilización de los mismos, existen alrededor de 12-13 millones de coches (ver Cuadro 20) en el año 2050. El 35% de la movilidad de pasajeros se realiza en un coche compartido, el 51% en coche particular y el 14% en transporte público (ver Cuadro 19).

- **Movilidad autónoma y compartida.** Este es un escenario donde se produce un desarrollo tecnológico que permite la plena introducción de los sistemas de conducción autónoma, lo cual facilita la penetración de flotas de vehículos autónomos, que son usados de modo compartido. La utilización de los vehículos se incrementa significativamente, lo que permite reducir el número de coches hasta los 9-10 millones en 2050 con la misma demanda de movilidad (ver Cuadro 20). El 50% de la movilidad de pasajeros se realiza en un coche compartido, el 36% en coche particular y el 14% en transporte público (ver Cuadro 19).

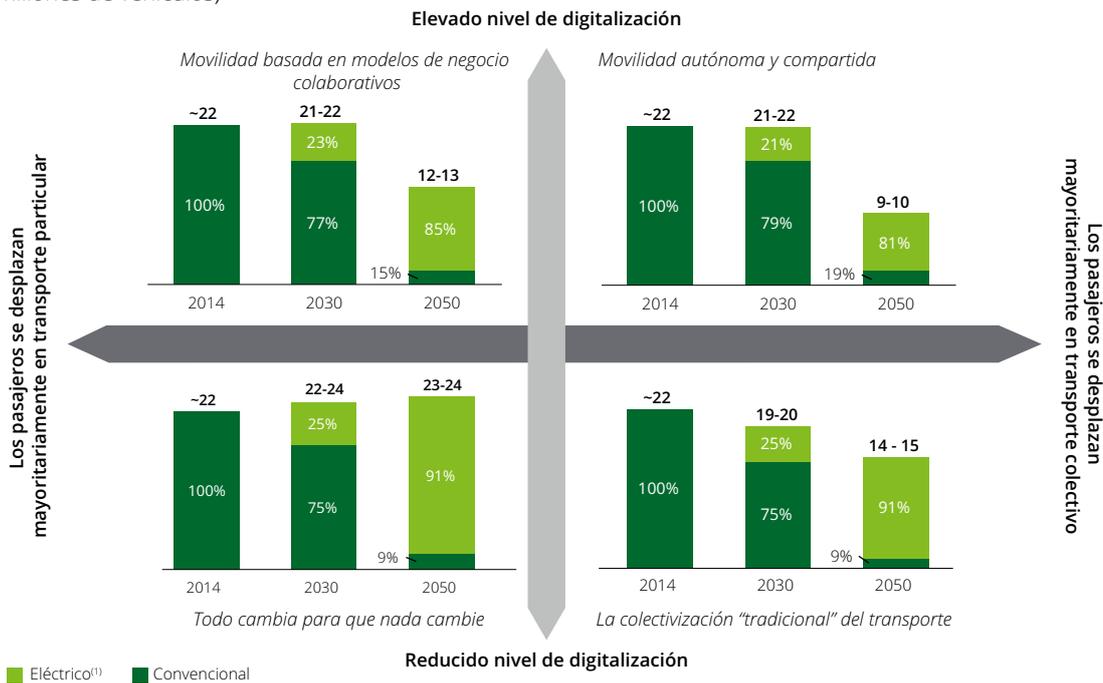
- **La colectivización "tradicional" del transporte.** Este es un escenario donde existe una mayor concentración de la población en las ciudades y se establecen políticas decididas de impulso al transporte público "tradicional" (principalmente, autobús o ferrocarril) como por ejemplo, el establecimiento de restricciones a la circulación de vehículos particulares en ciudades. Estas políticas

43 Medido en pasajeros-km.

44 Hoy en día un coche medio pasa el 95% del tiempo estacionado.

Cuadro 20: Parque de turismos en función del escenario de movilidad en el futuro

(millones de vehículos)



(1) Incluye vehículos eléctricos e híbridos enchufables particulares y de flotas
Fuente: análisis Monitor Deloitte

se acompañan de elevados recursos en vehículos e infraestructuras de transporte público, lo que consigue hacerlo mucho más atractivo con respecto al privado e individual en términos de tiempo de trayecto, comodidad y precio. En el año 2050 existen alrededor de unos 14-15 millones de coches (ver Cuadro 20). El 45% de la movilidad de pasajeros se realiza en transporte público "tradicional" (ver Cuadro 19), mientras que el 55% restante se realiza en coche particular (52%) y en coche compartido (3%).

Todos estos escenarios analizados consideran la misma demanda total de movilidad de pasajeros y se diferencian entre sí por la penetración del transporte público, el coche particular o el coche compartido y el número total de vehículos. Se ha considerado que el desarrollo exponencial de la penetración de los modelos de negocio colaborativo se produce a partir del año 2025-2030. A partir de ese momento se prevé la introducción completa de las tecnologías que deben catalizar este desarrollo, como por ejemplo, la movilidad autónoma. La penetración estimada de los

coches eléctricos en cada escenario se ha definido como aquella que permite cumplir con los objetivos de descarbonización del transporte de pasajeros.

6 millones de vehículos eléctricos en España en 2030

La mayor parte de las tendencias del transporte de pasajeros, tales como la movilidad compartida o el fomento del transporte colectivo, contribuyen a su descarbonización. Sin embargo, para eliminar completamente las emisiones GEI se necesita el uso de un vector energético libre de emisiones en su transformación intermedia y consumo final para movilidad.

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. Cuando la generación eléctrica se realice con tecnologías renovables, el vehículo eléctrico conseguirá el abatimiento total de las emisiones GEI: desde el origen de la energía (un aerogenerador, un parque fotovoltaico u otras

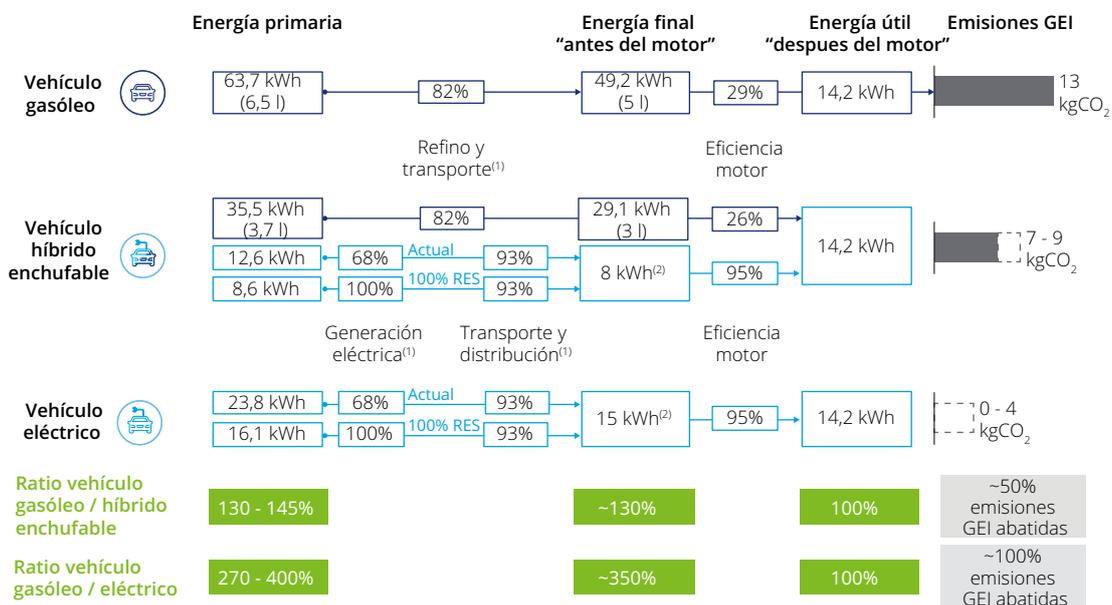
fuentes sin emisiones) hasta el punto de consumo (el vehículo eléctrico). En el caso de un vehículo híbrido enchufable, se produciría un abatimiento de aproximadamente el 50% de las emisiones GEI en función del modelo de vehículo, su antigüedad y del tipo de trayecto (urbano vs. largo recorrido). Considerando el mix de generación eléctrica actual, el vehículo eléctrico consigue reducir un 70% de las emisiones GEI respecto a un vehículo convencional⁴⁵.

Además de la mencionada reducción de emisiones, la movilidad eléctrica es más eficiente que la movilidad basada en combustibles fósiles, debido al mayor rendimiento de los motores eléctricos. El motor de combustión interna que consume combustibles fósiles presenta una eficiencia del ~30%, frente al ~95% del motor eléctrico. Estas diferencias hacen que el vehículo eléctrico sea entre 3 y 4 veces más eficiente que el vehículo convencional, y el híbrido enchufable, 1,5 veces más eficiente que el convencional (ver Cuadro 21).

Garantizar el cumplimiento de los objetivos de descarbonización requeriría una elevada penetración de vehículos eléctricos e híbridos enchufables: el ~10% del parque total en 2025, el ~25% en 2030 y más del 90% en 2050. Para conseguir estos niveles de penetración sería necesario un nivel de ventas de vehículos eléctricos e híbridos enchufables del 30-35% en 2025, del 50-60% en 2030 y que no se comercializase prácticamente ningún vehículo con motor de combustión interna a partir del año 2040. Estos niveles de penetración se traducirían en un parque de coches eléctricos de entre 1,6 y 2 millones de vehículos en 2025, de entre 4,4 y 6 millones en 2030 y de entre 7,3 y 21,9 millones en 2050. Estos escenarios implican un número total de vehículos eléctricos diferente en cada uno de ellos (ver Cuadro 22).

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, es imprescindible que también participe en

Cuadro 21: Comparativa de alternativas de descarbonización del transporte de pasajeros particular (unidades/100 km)



(1) Rendimiento actual en la transformación de energía primaria en energía final incluyendo pérdidas
 (2) Consumo medio aproximado de vehículos eléctricos/híbridos enchufables que actualmente están en el mercado
 Fuente: CNE; fabricantes de automóviles; Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital; análisis Monitor Deloitte

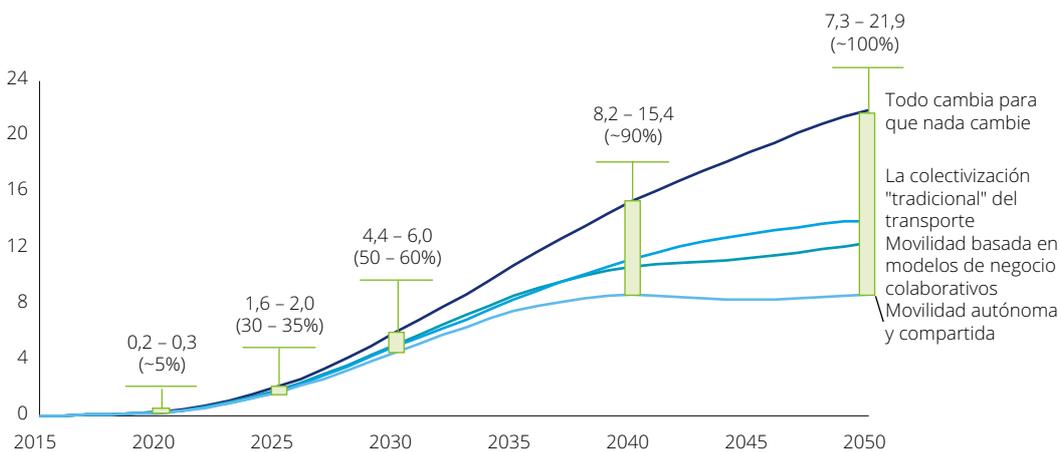
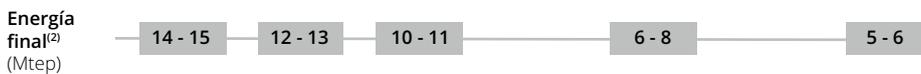
45 Factor de emisión de la generación eléctrica peninsular en 2014 0,27 kgCO₂/MWh.

Garantizar el cumplimiento de los objetivos de descarbonización requeriría una elevada penetración de vehículos eléctricos e híbridos enchufables: el 30-35% de las ventas en 2025, el 50-60% en 2030 y el 100% en 2050



Cuadro 22: Evolución del parque de vehículos eléctricos⁽¹⁾ en España

(millones de vehículos; entre paréntesis % de ventas de vehículos eléctricos sobre el total)



(1) Incluye híbridos enchufables y vehículos eléctricos de flotas. En la gráfica se muestran valores medios para cada uno de los escenarios
 (2) Total transporte de pasajeros terrestre
 (3) Consumo unitario medio: vehículo eléctrico 15kWh/100km y vehículo híbrido enchufable 8kWh/100km
 Fuente: análisis Monitor Deloitte

el proceso de descarbonización. Debido a su mayor ocupación, el autobús es más eficiente que el coche en términos de pasajero-km. Por lo tanto, el autobús reduce el consumo de combustible, y las emisiones GEI, necesarios para cubrir la demanda de transporte de pasajeros.

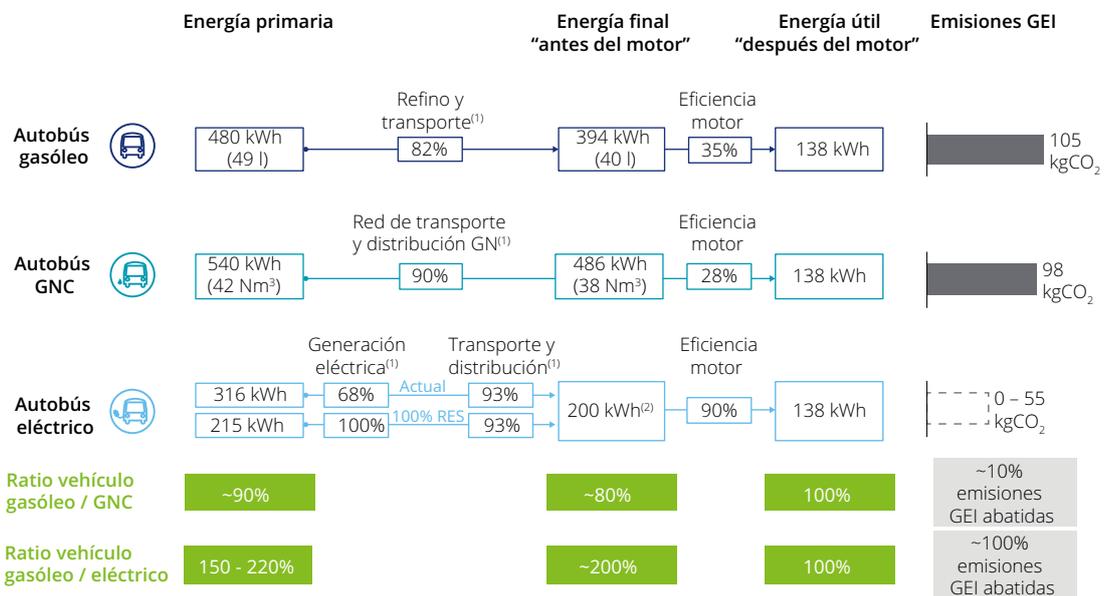
Aun así, para que en el año 2050 el transporte de pasajeros esté descarbonizado, no sólo los coches deben electrificarse. La misma ganancia de eficiencia que presentan los coches eléctricos con respecto a los convencionales, se puede observar en los autobuses (ver Cuadro 23). Los autobuses propulsados con energías alternativas deben jugar un papel clave para poder garantizar el cumplimiento de los objetivos de descarbonización. El autobús eléctrico es capaz de evitar el 100% de las emisiones GEI cuando la generación eléctrica es 100% renovable y requiere entre 1,5 y 2,2 veces menos de energía primaria que un autobús propulsado por gasóleo. En el escenario planteado, entre el 30 y el 35% de la flota de autobuses debería ser eléctrica antes de 2030 y prácticamente el 100% en 2050.

Debido al aumento de la eficiencia energética del coche eléctrico frente al convencional, la electrificación del transporte de pasajeros conseguiría reducir el consumo de energía final desde los 16 Mtep actuales hasta entre 10 y 11 Mtep en 2030 y a entre 5 y 6 Mtep en 2050. Por otro lado, se produciría un incremento de la demanda eléctrica hasta alcanzar ~10 TWh en 2030 y entre 43 y 51 TWh en 2050 como consecuencia del desarrollo del vehículo y del autobús eléctrico (un ~3% y un ~10% del total de la demanda eléctrica en España, respectivamente⁴⁶). Con estos niveles de penetración de la movilidad eléctrica, el transporte terrestre de pasajeros conseguiría reducir sus emisiones GEI desde 52 MtCO₂ equivalentes en 2014 a entre 29 y 31 MtCO₂ en 2030 y hasta menos de 4 MtCO₂ en 2050 en todos los escenarios analizados.

Aunque hoy en día las ventas de vehículo eléctrico en España sean aún residuales (4.750 vehículos eléctricos e híbridos enchufables en 2016), para el año 2020 se necesita llegar a un parque de entre 200 y 300 mil vehículos eléctricos e híbridos enchufables para garantizar en el medio plazo el cumplimiento de los

Cuadro 23: Comparativa de alternativas de descarbonización del transporte de pasajeros colectivo por carretera

(unidades/100 km)



(1) Rendimiento actual en la transformación de energía primaria en energía final incluyendo pérdidas
 (2) Consumo medio aproximado de autobuses eléctricos/GNC que actualmente están en el mercado
 Fuente: CNE; fabricantes de automóviles; Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital; análisis Monitor Deloitte

objetivos medioambientales. En 2020 se conseguiría llegar a este nivel de penetración si se alcanza un porcentaje de ventas de vehículos eléctricos sobre las ventas totales de un ~5% (0,4% en 2016). En otros mercados (Noruega, Holanda y California), la penetración de la movilidad eléctrica ha conseguido alcanzar una cuota similar al 5% sobre ventas en tres años desde el nivel en el que se encuentra hoy el mercado español (ver Cuadro 24).

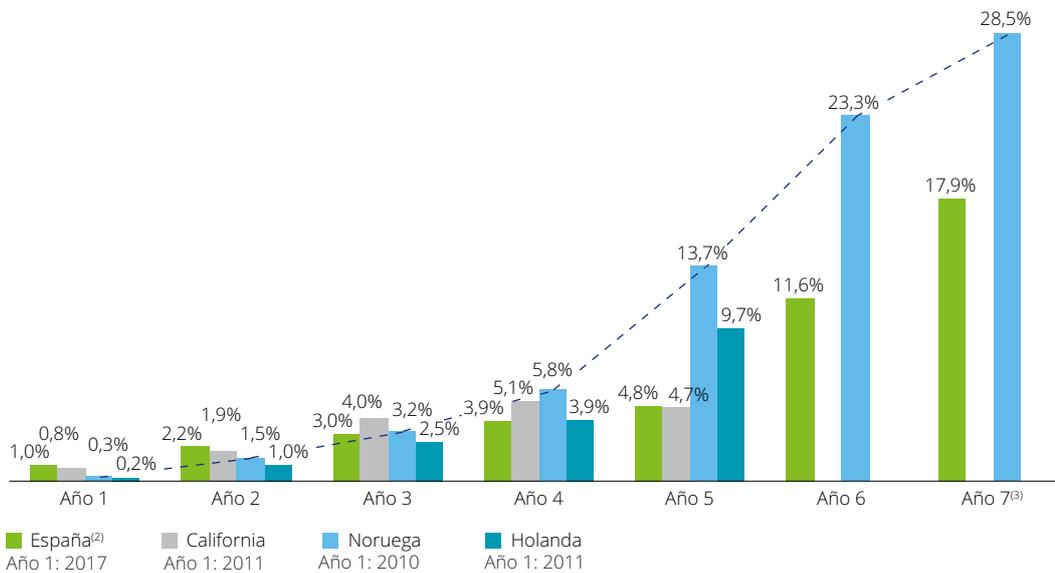
90.000 puntos de recarga de acceso público en 2025 y 145.000 en 2030

Para conseguir el nivel necesario de penetración de la movilidad eléctrica, es fundamental el desarrollo de una infraestructura de recarga de acceso público adecuada en términos de prestaciones (tiempo de repostaje) y disponibilidad. Existen tres sistemas principales de recarga para vehículos eléctricos: recarga conductiva (conexión física del vehículo a la red eléctrica), recarga inductiva (transferencia de energía al vehículo eléctrico a través de campos

Para conseguir el nivel necesario de penetración de la movilidad eléctrica, es fundamental el desarrollo de una infraestructura de recarga de acceso público adecuada en términos de prestaciones y disponibilidad

Cuadro 24: Comparativa internacional de penetración del vehículo eléctrico⁽¹⁾ durante los primeros años del despliegue

(% anual de ventas)



(1) Incluye vehículos híbridos enchufables
 (2) Valores medios de escenarios de movilidad
 (3) Valor a fecha de agosto de 2016 para Noruega
 Fuente: IEA – Global Energy Outlook; Análisis de prensa; análisis Monitor Deloitte

electromagnéticos, sin conexión física del vehículo a la red eléctrica) y battery swapping⁴⁷ (cambio de la batería del vehículo). A día de hoy, el sistema más desarrollado técnicamente y extendido en vehículos de pasajeros es la recarga conductiva, que también es el que presenta unas mejores expectativas de despliegue en el medio plazo.

En este sistema, la velocidad de recarga depende fundamentalmente de la potencia a la que el vehículo se conecte a la red eléctrica⁴⁸. En función de esta potencia de conexión, y de la velocidad de carga resultante, la infraestructura de recarga se puede clasificar en cinco tipos: cuatro en fase comercial y uno adicional en fase experimental (ver Cuadro 25).

Si bien esta clasificación (en función de la potencia de conexión y velocidad de recarga) es la más extendida, la infraestructura de recarga también se puede clasificar por el uso que se realiza de ella: puntos particulares, postes en vía pública, electrolineras y postes para flotas. Cada uno de los cuatro tipos de infraestructura de recarga será necesario, mientras los tiempos de recarga no alcancen niveles similares a los del vehículo convencional. Los tipos de infraestructura y las hipótesis utilizadas para su estimación son las siguientes (ver Cuadro 26):

- **Puntos particulares:** puntos de recarga situados en un garaje o vivienda privada que pueden ser utilizados por el propietario del vehículo eléctrico de modo exclusivo y permiten una recarga suficiente,

Cuadro 25: Tipología de infraestructura de recarga conductiva en función de la velocidad de recarga

Tipo	<i>Recarga Normal</i>	<i>Recarga Semi-rápida</i>	<i>Recarga Rápida</i>	<i>Recarga Super-rápida</i>	<i>Recarga Ultra-rápida (experimental)</i>
Potencia de conexión	3,7 kW	7,3 kW	45 kW	100 – 150 kW	150 – 350 kW
Tiempo de recarga ⁽¹⁾	6 – 10 h	3 - 4h	~30 min ⁽²⁾	~20 min ⁽²⁾	~5 - 10 min
Coste de inversión unitario (k€/poste)	0,5-1,5	2,5-15	40-80	100-200	N/A
Utilización prioritaria	Carga utilizada en garajes particulares , puede conectarse a la red de distribución de baja tensión	Carga utilizada en la vía pública y en algunas viviendas habilitadas para suministrar la potencia necesaria	Carga utilizada en la vía pública y en autopistas y carreteras que se conecta a la red de distribución	Carga utilizada en en autopistas y carreteras en aquellos puntos habilitados para suministrar la potencia necesaria	Carga experimental actualmente; en el futuro deberá asemejarse a la función y prestaciones de las actuales gasolineras

(1) Tiempo de recarga estimado para la recarga de una batería de 21 kWh

(2) Recarga del 80% de la capacidad de una batería de 21 kWh. El 20% restante requeriría el doble de tiempo

Fuente: análisis de prensa; AEDIVE; análisis Monitor Deloitte

Cada uno de los cuatro tipos de infraestructura de recarga será necesario, mientras los tiempos de recarga no alcancen niveles similares a los del vehículo convencional

47 En la actualidad, sistema de recarga que presenta menor desarrollo en comparación con la recarga conductiva.

48 Influyen también otros factores, por ejemplo, si la conexión se realiza en corriente continua o corriente alterna o las características técnicas de la batería.

Cuadro 26: Tipologías de usos e hipótesis de estimación de la infraestructura de recarga

Tipo	Localización	Vehículos afectados	Necesidades de recarga	
			Actualidad	2030
Particular	Garaje particular	Vehículos eléctricos con garaje particular	90% de compradores de vehículos eléctricos	75% de compradores de vehículos eléctricos ⁽²⁾
Vía pública	Calles zonas urbanas	Vehículos eléctricos sin garaje particular	Directiva UE ⁽¹⁾ : 1 conector para cada 10 vehículos	1 conector para cada 2-3 vehículos
	Aparcamiento público			1 conector para cada 6-10 vehículos ⁽²⁾
Electrolineras	Zonas comerciales	Todos los vehículos eléctricos	Número máximo de rápidas rentables	1 conector por cada 30 vehículos ⁽²⁾ y número máximo de rápidas rentables
	Electrolineras urbanas			
	Carreteras			
Flotas	Flota de carsharing	Vehículos eléctricos y autobuses urbanos de flota	<ul style="list-style-type: none"> 1 conector por cada 10 vehículos de flota 2 conectores por cada ruta de autobús urbano eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> 1 conector por cada 30 vehículos⁽²⁾ 1 conector por ruta de autobús
	Transporte público			

(1) Directiva de combustibles de vehículos alternativos 2014/94/UE

(2) Disminución de las necesidades en base a disminución de tiempos de recarga y aumento de autonomía

Fuente: Comisión Europea; análisis Monitor Deloitte

para las necesidades de uso diario habitual, en 6-8 horas. De acuerdo a los escenarios considerados, serían necesarios ~230 mil puntos en 2020, entre 1,2 y 1,6 millones en 2025 y entre 2,4 y 3,4 millones en 2030 (ver Cuadro 27).

- **Postes en vía pública:** puntos de recarga situados en la vía pública o en lugares públicos para estacionamiento, disponibles especialmente para aquellos usuarios que no cuentan con un espacio privado para la recarga diaria y necesitan recargar su vehículo en un espacio público. A día de hoy se pueden encontrar postes con dos conectores⁴⁹ normales o semirrápidos, que permiten un tiempo de recarga de 3-4 horas. Serían necesarios ~4 mil puntos en 2020, entre 40 y 50 mil en 2025 y entre 65 y 95 mil en 2030 (ver Cuadro 27).

- **Electrolineras semirrápidas y rápidas:** puntos de recarga situados en centros comerciales o de ocio, gasolineras, garajes públicos, autopistas y autovías,

zonas de alta afluencia de vehículos, etc. y diseñados para una recarga de ocasión o de emergencia. Actualmente existen instalaciones con agrupaciones de 2 y 4 postes, que pueden incluir 2 conectores de uso simultáneo por poste. Las electrolineras rápidas consiguen recargar, con las tecnologías actuales, el 80% de la batería en 20 minutos, mientras que las semirrápidas alcanzan ese mismo nivel en 3-4 horas. Serían necesarias 11 mil electrolineras en el año 2020, entre 40 y 50 mil en 2025 y entre 35 y 50 mil electrolineras en 2030 (ver Cuadro 27). Actualmente, existen más de 10.000 gasolineras en España, aunque las necesidades de recarga para vehículos eléctricos y vehículos convencionales, así como el número de surtidores y conectores disponibles en cada instalación, son distintos, lo que explica la diferencia estimada.

- **Postes de recarga en instalaciones disponibles para flotas de vehículos:** puntos destinados a la recarga de vehículos compartidos, vehículos

49 En función del poste. Normalmente los postes tienen 3 conectores y capacidad para el funcionamiento de 2 de ellas de modo simultáneo.

autónomos o vehículos de transporte público⁵⁰. Serían necesarios unos 300 postes (considerando que cada poste tiene dos conectores de recarga para uso simultáneo) en 2020, entre 400 y 1.700 en 2025 y entre 800 y 4.800 en 2030 (ver Cuadro 27).

La infraestructura de recarga de acceso público (postes en vía pública y electrolineras) es imprescindible para asegurar el despliegue masivo del vehículo eléctrico. Esta infraestructura de recarga en la vía pública permite a los ciudadanos que aparcen sus vehículos en la calle (y que, por tanto, no tienen la posibilidad de acceder a un punto de recarga particular) asegurar la recarga de sus vehículos eléctricos para sus trayectos diarios. Esta infraestructura tendrá que estar disponible mientras los niveles de autonomía de los vehículos eléctricos sean inferiores a los de los vehículos convencionales.

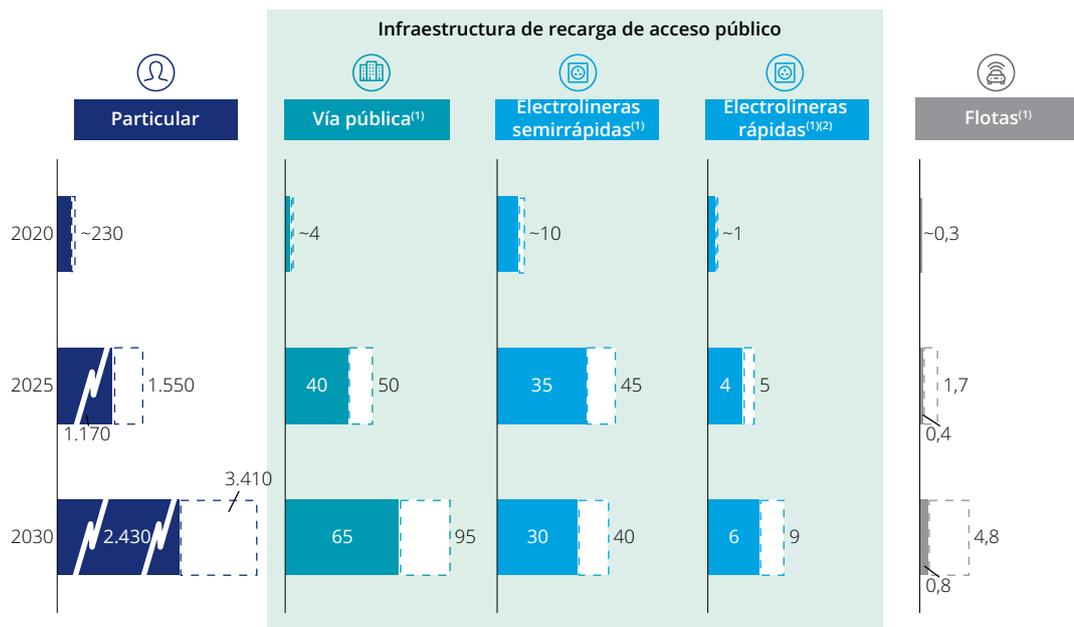
Adicionalmente, la recarga en la vía pública permite complementar el despliegue masivo inicial de la movilidad eléctrica mientras las electrolineras alcanzan un nivel de despliegue y prestaciones similares al de las actuales gasolineras.

En el caso español, la infraestructura de recarga en la vía pública debe tener un papel más relevante, ya que es el país europeo en el que un menor porcentaje de la población dispone de una vivienda unifamiliar como vivienda principal (ver Cuadro 28). Este tipo de viviendas presentan, en general, más facilidades para la instalación de un punto de recarga particular.

Además, la infraestructura de recarga de acceso público reduce el denominado “range anxiety”, efecto producido en los usuarios por la preocupación de quedarse sin batería en un lugar lejano a una estación

Cuadro 27: Evolución de la infraestructura de recarga eléctrica en España

(miles de postes por tipología de uso)



(1) Cada poste de recarga dispone de 2 conectores

(2) Cada electrolinera rápida dispone de 2 postes de recarga. Cada poste de recarga dispone de 2 conectores que se pueden utilizar de manera simultánea

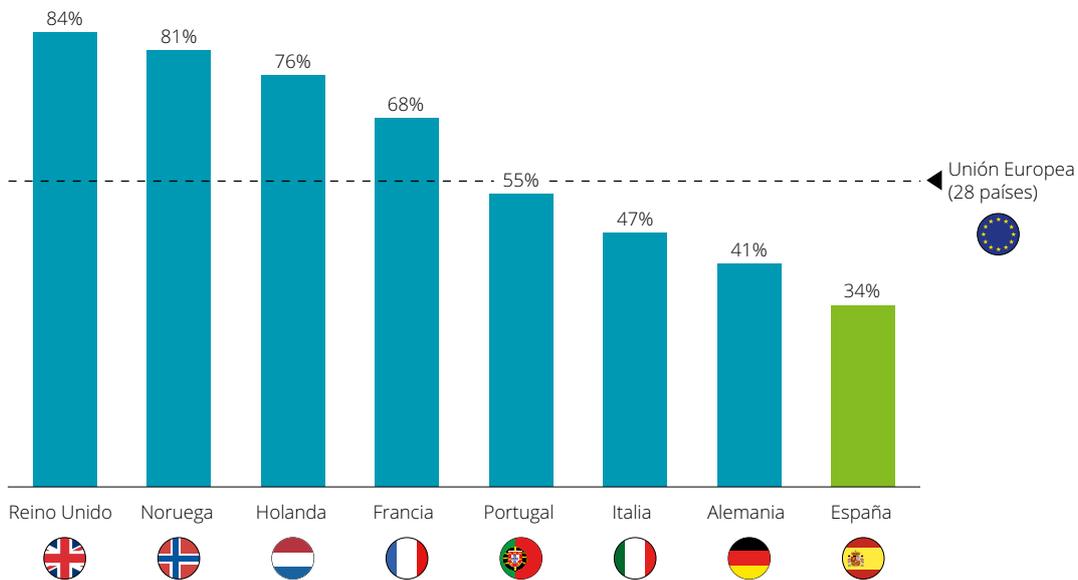
Fuente: análisis Monitor Deloitte

La infraestructura de recarga de acceso público (postes en vía pública y electrolineras) es imprescindible para asegurar el despliegue masivo del vehículo eléctrico

50 Los vehículos de flotas utilizados por un único usuario (incluyendo taxis) son considerados como vehículos particulares a efectos de estimar de la infraestructura de recarga. Los puntos de recarga de flotas de vehículos de transporte de mercancías no se incluyen en estas cifras.

Cuadro 28: Comparativa internacional de la distribución de población en viviendas unifamiliares⁽¹⁾ en el año 2015

(% de población con vivienda unifamiliar como lugar de residencia)



(1) Incluye población cuyo alojamiento principal es una vivienda unifamiliar o una vivienda adosada
Fuente: Eurostat; análisis Monitor Deloitte

de recarga, ya que permite la recarga de ocasión o de emergencia. La falta de este tipo de infraestructura es una de las principales barreras⁵¹ a la adquisición de un coche eléctrico.

La infraestructura de recarga de acceso público necesaria equivale a unas inversiones acumuladas de entre 1.250 y 1.650 millones de euros hasta 2030. En el caso de la infraestructura de recarga en la vía pública, unas inversiones⁵² de ~40 millones de euros hasta 2020 y entre 500 y 700 millones de euros entre 2020 y 2030. Por su parte, en el caso de electrolinerías, 130 millones de euros hasta 2020, 350-450 millones de euros entre 2020 y 2025 y 230-330 millones de euros entre 2025 y 2030⁵³.

Esta estimación de infraestructura de acceso público es consistente con los ratios que se han observado en otros mercados con elevadas penetraciones de vehículos eléctricos. Los resultados de ratios de



51 Los españoles y el vehículo eléctrico (Observatorio Cetelem, 2015).

52 Coste de inversión unitaria estimada: electrolinería de dos postes: 120.000 €; poste de recarga en vía pública: 12.000 €; punto de recarga particular: 1.200 €.

53 El coste total de la infraestructura de recarga de acceso público supondría un coste de 1.200-1.600 millones de euros entre 2017 y 2030 (la inversión total en generación eléctrica renovable en España ascendió a ~200.000 millones de euros entre 2000-2014).

postes de recarga para el mercado español (entre 8:1 y 10:1 vehículos eléctricos por poste de recarga) están alineados con los ratios históricos observados en los mercados de Noruega, Holanda y California, en plazos equivalentes de maduración del mercado de la movilidad eléctrica y para penetraciones comparables (ver Cuadro 29).

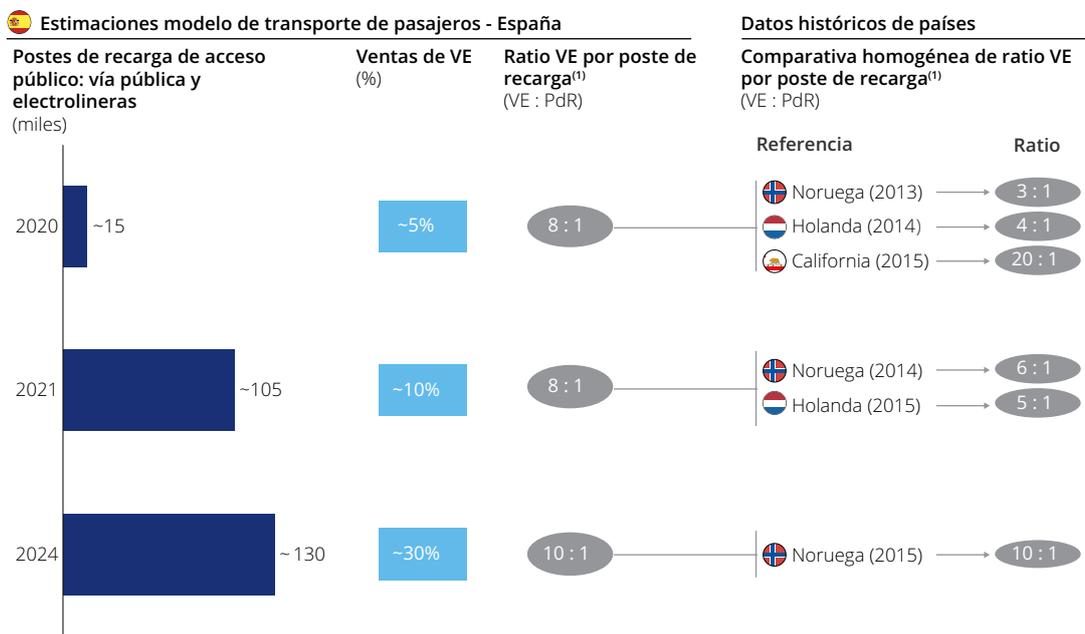
El despliegue inicial de la infraestructura de recarga de acceso público, en volumen y localización, es uno de los factores clave para la adopción masiva de la movilidad eléctrica. Este despliegue debe realizarse de forma sincronizada, pero con la antelación suficiente al progresivo incremento del parque de vehículos eléctricos. Se deben priorizar:

- **Entornos urbanos y suburbanos, fundamentalmente grandes ciudades, aglomeraciones suburbanas y áreas densamente pobladas.** Para la planificación de los puntos ubicados en el entorno urbano es necesario realizar una priorización zonal, contando con las entidades

municipales⁵⁴ para la planificación y la coordinación del posterior despliegue. Esta priorización ha de considerar los cinturones de las grandes ciudades y los municipios cercanos de carácter esencialmente residencial, ya que un porcentaje muy relevante de sus habitantes viaja diariamente a su lugar de trabajo, localizado, generalmente, en el centro urbano de las grandes ciudades.

- **Principales autopistas y autovías.** Para la planificación de los puntos ubicados en carreteras, se deben priorizar las infraestructuras viarias según la importancia de los centros urbanos que conectan o la distancia entre los mismos. Se estima razonable un rango aproximado de distancia de 50-100 kilómetros entre estaciones de recarga. Las zonas prioritarias podrían localizarse inicialmente en las carreteras incluidas en la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T), de este modo se aseguraría la adecuada conexión de las grandes ciudades españolas, así como la conexión con otras grandes carreteras europeas.

Cuadro 29: Comparativa entre la penetración estimada de infraestructura de recarga de acceso público frente a datos internacionales

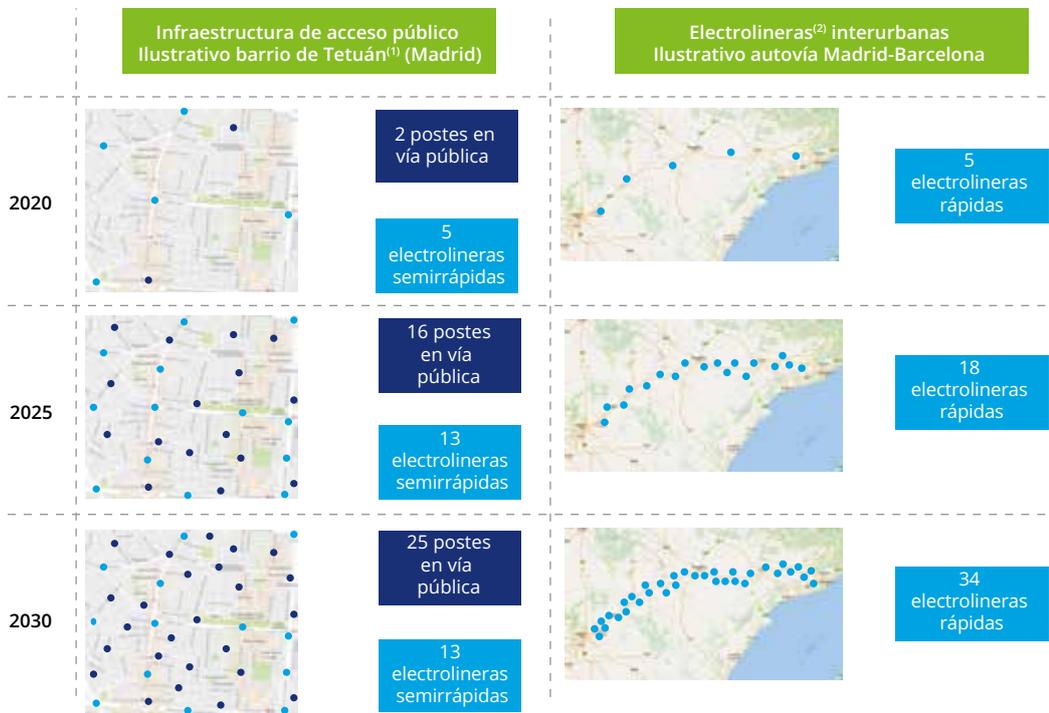


(1) Ratio realizado por número de conectores
Fuente: IEA – Global EV Outlook; análisis Monitor Deloitte

54 La Estrategia de Impulso del vehículo con energías alternativas (VEA) en España (2014-2020) consideró como prioritarias las ciudades con más de 100.000 habitantes censados.

Cuadro 30: Ilustración de la capilaridad del despliegue de los puntos de recarga en la vía pública y de electrolineras en corredores

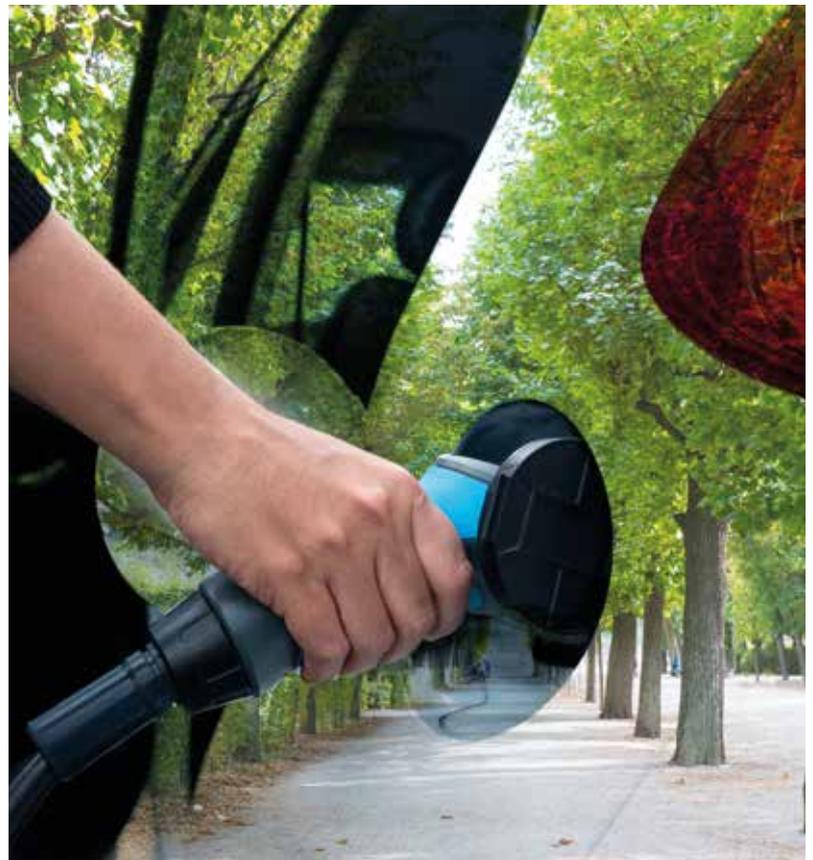
ILUSTRATIVO



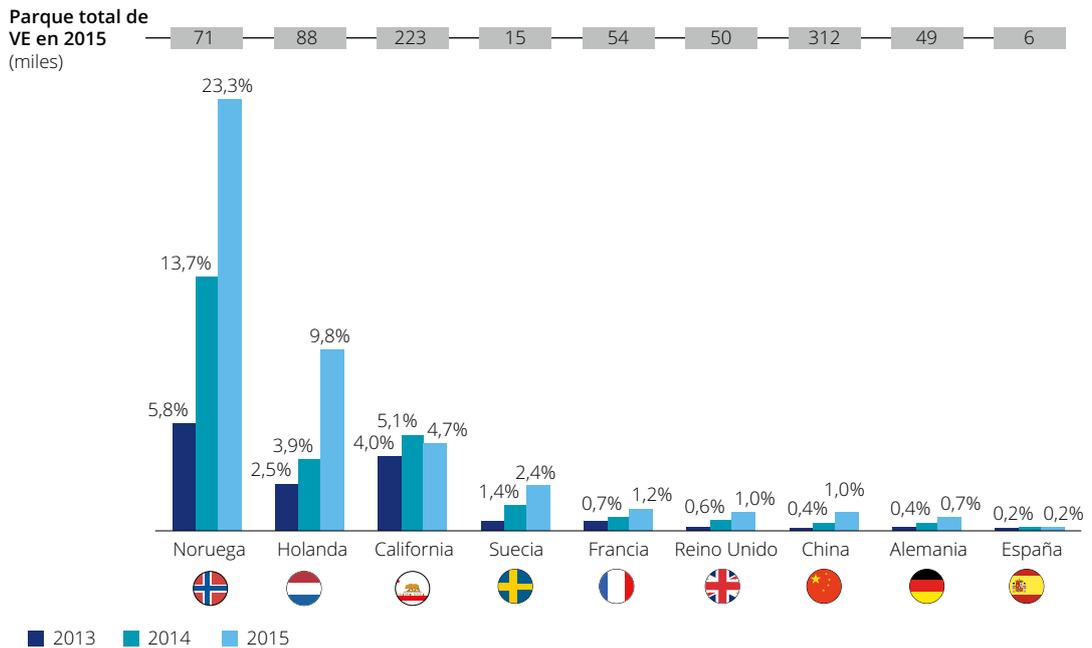
(1) Representación de 1 km² de terreno en zona urbana altamente poblada. Cada electrolinera semirrápida cuenta con 2 puntos de recarga semirrápidos
 (2) Cada electrolinera cuenta con 5 puntos de recarga rápidos
 Fuente: Google Maps; análisis Monitor Deloitte

A efectos ilustrativos, se muestra una visualización gráfica de los diferentes tipos de infraestructura de acceso público en las fases iniciales del despliegue para una zona urbana y una zona de autopista/autovía (ver Cuadro 30).

La tecnología utilizada actualmente en los postes de recarga es una solución madura desde un punto de vista técnico, y para los próximos 10-15 años (hasta 2030) no se prevén cambios que la hagan obsoleta. Más allá de 2030, es de esperar que el desarrollo de la capacidad de las baterías y de las tecnologías de recarga ultra-rápida asemejarán la carga del coche eléctrico al proceso de repostaje actual de los vehículos convencionales. Cuando estas tecnologías se desarrollen, los hábitos de recarga de los usuarios (recarga en puntos particulares frente a recarga en electrolineras) determinarán el despliegue de los diferentes tipos de infraestructura de recarga a partir del año 2030.



Cuadro 31: Evolución de ventas del vehículo eléctrico⁽¹⁾ en los países con mayor penetración
 (% ventas vehículo eléctrico sobre ventas totales)



(1) Incluye híbridos enchufables
 Fuente: IEA - Global EV Outlook 2016; análisis de prensa; análisis Monitor Deloitte

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

El vehículo eléctrico empieza a ser a día de hoy una realidad desde el punto de vista técnico, pero todavía no presenta el nivel de penetración necesario para tener un impacto relevante en la reducción de emisiones. En el año 2015 se vendieron en todo el mundo aproximadamente medio millón de vehículos eléctricos, que equivalen a casi el 1% de las ventas totales de vehículos, y el parque mundial de coches eléctricos superó la cifra de 1,2 millones. A finales de 2015, en Noruega y Holanda circulaban 71.000 y 88.000 vehículos eléctricos, respectivamente. Las ventas de vehículos eléctricos en estos dos países representaron, en ese año, un 23% y un 10% de las ventas anuales de coches (ver Cuadro 31). En España, a finales de 2015, únicamente había alrededor de 6.500 vehículos eléctricos circulando y las ventas de vehículos eléctricos o híbridos enchufables apenas llegaron a un 0,2% en el año 2015 y a un 0,4% en el año 2016 (4.750 unidades).

Para este estudio se ha analizado el desarrollo de la movilidad eléctrica a nivel internacional y los modelos y las prestaciones de los vehículos disponibles. La adopción masiva del vehículo eléctrico se enfrenta a dos tipos de barreras:

I. Menores prestaciones de los vehículos eléctricos frente a los vehículos convencionales:

- Los vehículos eléctricos actuales disponen de una menor autonomía: entre 100 y 200 km los modelos más accesibles económicamente y hasta 500 km los de muy alta gama⁵⁵, frente a los 500 – 900 km que tiene un vehículo convencional. Esta menor autonomía requiere recargar el vehículo entre 4 y 10 veces más, lo que supone pasar de repostar de media unas 20 veces⁵⁶ al año con un vehículo convencional a repostar unas 100 veces al año con un vehículo eléctrico (una vez cada ~4 días). A pesar de lo anterior, en los últimos años se ha producido un relevante desarrollo de la capacidad de las baterías y de la autonomía, esperándose que los vehículos eléctricos superen los 400-500 km de autonomía en el año 2020.

55 Tesla P100D. Precio referencia de 160.000 euros.

56 Considerando 15.000 km al año y 700 km de autonomía por repostaje.

- El proceso de recarga de la batería es más lento que el repostaje en una gasolinera. Con un cargador rápido de alta potencia se consigue recargar el 80% de la batería de un vehículo eléctrico en 20 minutos y con un semirrápido, el 100% de la batería en 3-4 horas. A efectos comparativos, el tiempo de repostaje de un vehículo convencional está por debajo de los 5 minutos.
- El número de modelos disponibles en el mercado español con tecnología completamente eléctrica o híbrida enchufable es, por ahora, muy inferior al de vehículos convencionales.
- A día de hoy, a pesar de disponer de un menor coste de operación y mantenimiento, los vehículos eléctricos requieren de una mayor inversión inicial y tienen un mayor coste completo⁵⁷ que un vehículo convencional comparable. Sin tener en cuenta los incentivos económicos disponibles, en España los vehículos eléctricos son entre un 5% (en el caso de

monovolúmenes y 4x4) y un 24% (en el caso de vehículos “pequeños”) más caros en términos de coste completo respecto a los convencionales comparables (ver Cuadro 32). En el mejor de los casos, los incentivos permiten que un utilitario eléctrico sea un 3% más barato que el convencional.

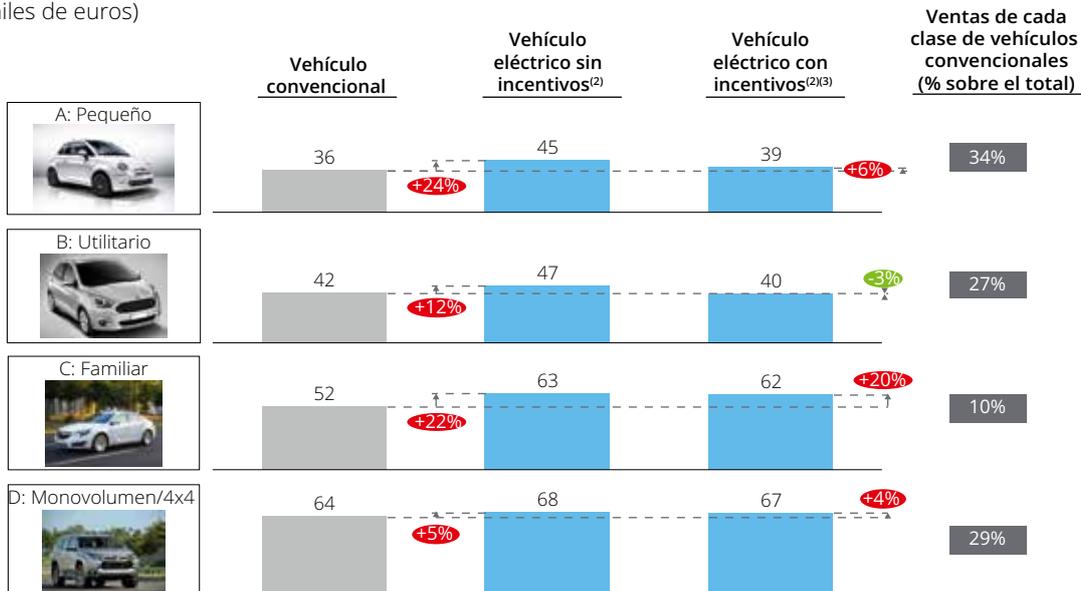
- Existe un escaso conocimiento de los beneficios y las ventajas del vehículo eléctrico por parte de los usuarios, como por ejemplo las prestaciones actuales alcanzadas por los últimos modelos disponibles o el ahorro de costes de mantenimiento durante toda la vida útil del vehículo.

II. Reducida disponibilidad de infraestructura de recarga de acceso público (vía pública y electrolinerías):

- La infraestructura de recarga de acceso público es imprescindible para el despliegue masivo del vehículo eléctrico por dos motivos principales:

Cuadro 32: Comparativa de los costes totales de vehículos por tecnología⁽¹⁾ en 2015

(miles de euros)



(1) Selección de coches para comparativa: Pequeño – Renault Zoe y Clio; Utilitario – Nissan Leaf y Pulsar; Familiar – Opel Ampera (eléctrico de rango extendido) e Insignia; Monovolumen – Mitsubishi Outlander (gasolina e híbrido enchufable). Precio del gasóleo: 1,2 €/l. Precio electricidad: 23 c€/kWh. No considera en ninguna de los casos incentivos disponibles con el Plan PIVE

(2) Incluye la instalación de un punto de recarga privado

(3) Plan MOVEA

Fuente: European Automobile Manufacturers Association; páginas web fabricantes; Eurostat; análisis Monitor Deloitte

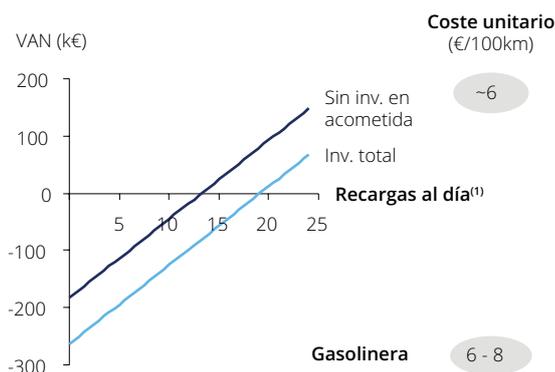
57 Considera todos los costes a lo largo de la vida útil del vehículo.



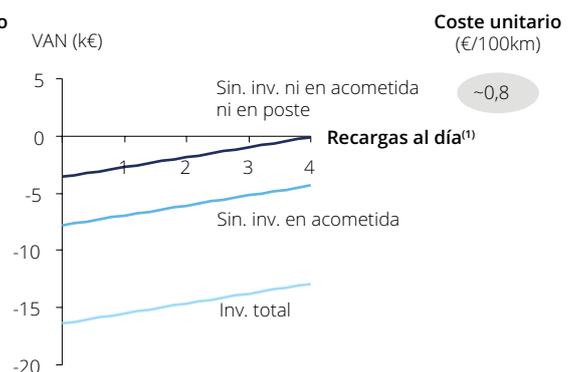
- Para disminuir el efecto denominado “range anxiety”, que produce en los conductores de vehículo eléctrico la preocupación o incertidumbre de quedarse sin batería en un lugar lejano a una estación de recarga.
 - Para asegurar la disponibilidad de recarga a aquellos usuarios que no disponen de un aparcamiento particular en una localización fija. En el caso de España, cabe destacar que existe un menor porcentaje de vehículos con espacio particular fijo para aparcamiento que en otros países europeos comparables. En España, entre un 30 y un 35% de las plazas de aparcamiento utilizadas en días laborables se localizan en lugares de uso privado (vivienda del usuario o parkings privados). En otros países de la Unión Europea, como en Francia⁵⁸, este porcentaje es superior al 50%.
- Actualmente, en España no existe una red de recarga de acceso público con la dimensión y la capilaridad necesarias para permitir la adopción masiva de la movilidad eléctrica. El motivo fundamental de esta ausencia de infraestructura de recarga es la falta de rentabilidad para el inversor (ver Cuadro 33), debido a los actuales niveles de penetración, la elevada inversión necesaria (tanto en el punto de recarga propiamente dicho como en la acometida

Cuadro 33: Rentabilidad de la infraestructura de recarga de acceso público

Valor actual neto de una electrolinera rápida en función de la ocupación



Valor actual neto de un poste de recarga en la vía pública en función de la ocupación



- Instalación de 2 postes de recarga con 2 conectores simultáneos por poste
- Potencia por conector: 45 kW
- Coste de inversión estimado: 120.000 € (incluye acometida)
- Margen de venta electricidad: 400 €/MWh

- Instalación de 1 poste de recarga con 2 conectores
- Potencia por conector: 7,3 kW
- Coste de inversión estimado: 12.000 € (incluye acometida)
- Margen de venta electricidad: 20 €/MWh

(1) Número de recargas diarias en el conjunto de la instalación

Nota: Electrolinera: Tasa de descuento: 7%; 6 años de vida útil. Poste de recarga en la vía pública: Tasa de descuento: 6%; 8 años de vida útil
Fuente: BOE; análisis Monitor Deloitte

eléctrica, que puede suponer más del 50% de la inversión) y la tarifa de acceso que debe soportar el punto de recarga. El actual sistema tarifario eléctrico no incentiva la recarga del coche eléctrico y genera una barrera para crear un nuevo punto de recarga, ya que, aunque se ha implementado una tarifa que pretende incentivar la recarga, existe una escasa discriminación de las tarifas entre periodos y es obligatorio pagar una tarifa fija por la potencia contratada (independientemente de en qué momento se consume). Esto implica que un punto de recarga que únicamente vaya a consumir en periodos valle, cuando la red está poco saturada, debe soportar una tarifa fija.

Las electrolineras sólo son rentables si asumimos un elevado margen en el precio de venta de la electricidad (400 euros/MWh, lo que igualaría el coste de repostaje al de un combustible fósil) y un número de recargas alto (por encima de 15 recargas diarias). Por su parte, la infraestructura de recarga en la vía pública no es rentable en ningún caso, bajo hipótesis razonables de inversión (poste y acometida, 12.000 euros), tasas de utilización (1-2 veces al día en los casos más optimistas) y márgenes de electricidad (hasta 20-25 euros/MWh).

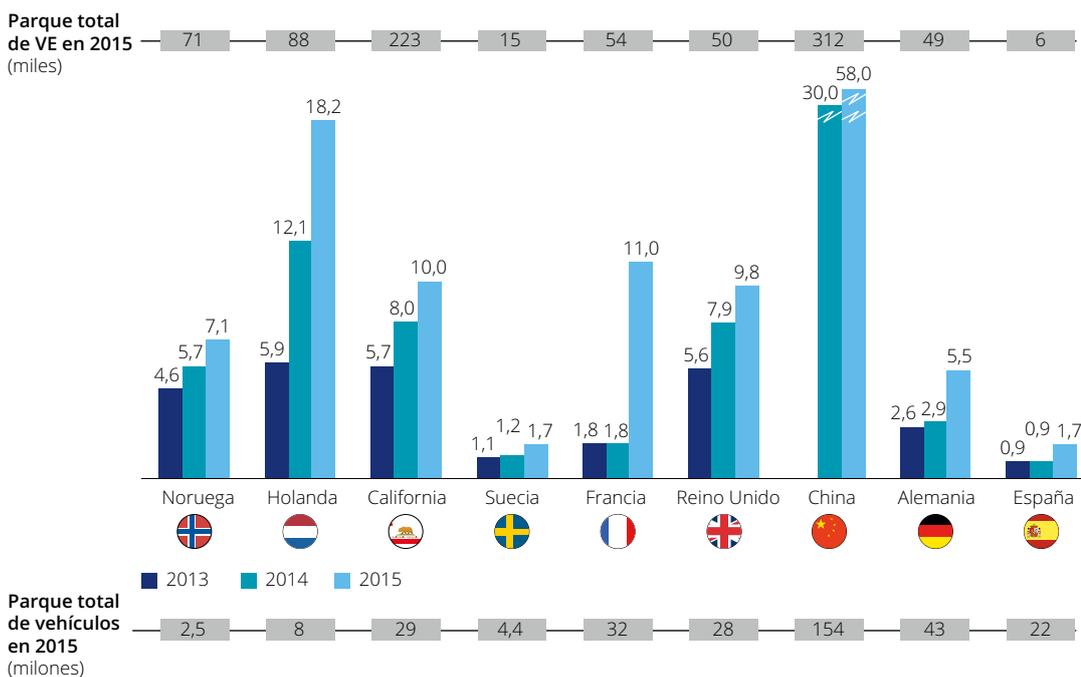
Adicionalmente, la regulación actual relativa al acceso y a la extensión de las redes eléctricas

(que regula las conexiones, refuerzos y adecuaciones por nuevos suministros) exige, en algunos casos, que las conexiones a red sean pagadas por el promotor del punto de recarga. La actual situación de mercado (demanda de recarga limitada) y de los requerimientos de acceso a red (costes de conexión asumidos, en general, por el promotor de la recarga) suponen barreras muy relevantes para el despliegue inicial de la infraestructura de recarga de acceso público. Una alternativa podría ser que la inversión y operación y mantenimiento de las conexiones a red necesarias fueran responsabilidad del distribuidor eléctrico. De este modo, sólo el poste de recarga sería responsabilidad del promotor de la infraestructura de recarga.

Debido a las mencionadas barreras, el despliegue de infraestructura de recarga de acceso público no se ha llevado a cabo de manera homogénea en todos los países (ver Cuadro 34), si bien el desarrollo que presentan los países con mayor penetración de vehículos eléctricos es muy superior al que existe actualmente en España. A finales de 2015 había 1.700 puntos de recarga en España, muchos de los cuales no se encuentran operativos. En Noruega y Holanda existen alrededor de 7.000 y 18.000 puntos de recarga de acceso público (electrolineras y postes en vía pública), respectivamente, y el parque de vehículos es mucho más reducido que el español.

Cuadro 34: Evolución de los postes de recarga de acceso público en los países con mayor penetración del vehículo eléctrico

(miles)



Fuente: análisis de prensa; IEA - Global EV Outlook 2016; análisis Monitor Deloitte

Para entender cómo se pueden mitigar las barreras existentes, se han analizado las actuaciones realizadas en otros países hasta 2016 (Noruega, Holanda, Francia, Reino Unido, Alemania, Italia, Irlanda, Portugal, Estados Unidos/California) para fomentar el uso del vehículo eléctrico, en particular los planes de incentivos a la compra de coches eléctricos y los modelos de despliegue de infraestructura de recarga:

i. Planes de incentivos al vehículo eléctrico: conjunto de medidas destinadas a fomentar la venta y el uso del vehículo eléctrico frente al convencional. En general, en los países con mayor penetración del vehículo eléctrico se han desarrollado programas de incentivos más efectivos que en España. Según los resultados del análisis de países, se pueden distinguir tres tipos de incentivos a la compra de vehículos eléctricos: económicos, facilidades al uso del vehículo eléctrico y esquemas de mandato y control (ver Cuadro 35).

Todos los países analizados han tenido paquetes de incentivos con variantes de los tres tipos:

1. Económicos. Cada país ha adoptado un modelo propio, aunque cabe destacar dos grupos:

- ♦ California o Alemania han adoptado modelos de **ayudas directas** en el momento de la compra del vehículo eléctrico, que pueden articularse como subvenciones sobre el precio (por ejemplo, 9.000 euros por vehículo en Alemania) o créditos fiscales⁵⁹ para el comprador (por ejemplo, 7.500 euros por vehículo en California). Adicionalmente, el importe de las ayudas puede variar en función del tipo de vehículo, su precio o incluso de si la propiedad es de un particular o de una empresa.
- ♦ Noruega, Holanda o Francia han adoptado modelos de **exenciones fiscales**. Los impuestos más elevados que pagan los compradores de vehículos en el momento de la compra son el impuesto sobre el valor añadido y el impuesto de matriculación. Existen casos de países en los que los coches eléctricos están completamente exentos de dichos impuestos. Por ejemplo, en Francia disfrutaban de una exención del impuesto de matriculación aplicable sobre los vehículos convencionales. En el caso de Noruega, los compradores de vehículos eléctricos están exentos de pagar tanto el impuesto sobre el valor añadido (25% del precio bruto⁶⁰) como el impuesto de matriculación (alrededor del 30% del precio bruto).

Cuadro 35: Tipología de incentivos a la adquisición de un vehículo eléctrico

1 Económicos	Ayuda directa al vehículo eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> • Subvenciones a la compra de un vehículo eléctrico y a la instalación de un punto de recarga privado • Créditos fiscales a la adquisición de un vehículo eléctrico y a la instalación de un punto de recarga privado
	Exenciones fiscales al vehículo eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> • Exención del IVA en la adquisición de un vehículo eléctrico • Exención de impuesto de matriculación en la adquisición de un vehículo eléctrico • Exención del impuesto periódico de circulación
	Gravámenes al uso del vehículo convencional	<ul style="list-style-type: none"> • Impuestos sobre el consumo de productos petrolíferos • Impuestos sobre la emisión de gases contaminantes
2	Facilidad al uso del vehículo eléctrico/ restricciones al uso del vehículo convencional	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso preferencial de vehículos eléctricos a carril VAO • Acceso preferencial a aparcamientos públicos • Restricción de acceso al vehículo convencional
3	Mandato y control	<ul style="list-style-type: none"> • Fijación de estándares de emisiones • Prohibición de ventas de vehículos convencionales • Fijación de estándares en la construcción y rehabilitación de edificios /aparcamientos • Financiación de proyectos de I+D+i de fabricantes de vehículos y de infraestructura de recarga⁽¹⁾

(1) Considerado en la categoría de incentivos de control ya que permite actuar sobre la velocidad de desarrollo de la tecnología de movilidad eléctrica
Fuente: ICCT; IEA – Global EV Outlook (2016); IA-HEV; análisis Monitor Deloitte

59 Desgravaciones fiscales de las que se beneficia el comprador en el impuesto sobre la renta o similar, posteriormente a la compra.

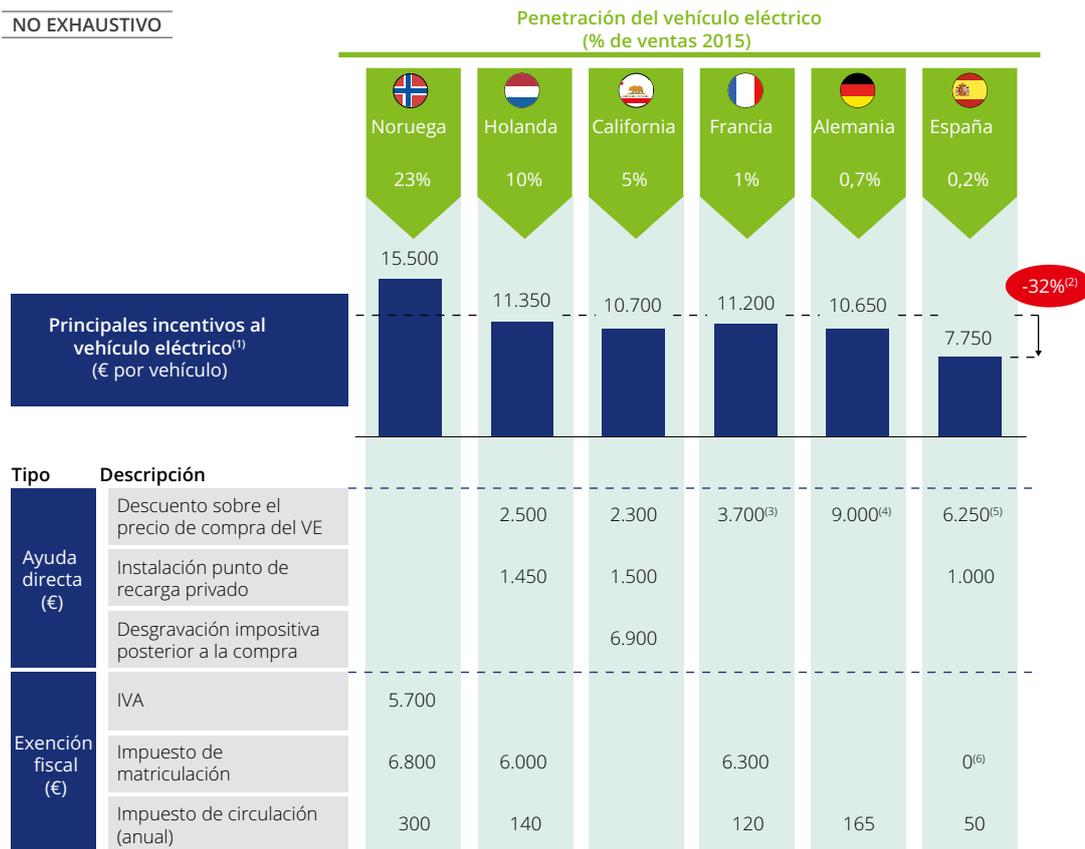
60 Precio inicial antes de aplicar ningún tipo de impuesto o descuento.

En el caso de España, los incentivos económicos, principalmente subvención directa a la compra de vehículos eléctricos y exención de impuesto de matriculación, son un 32% inferiores a la media de los 6 países considerados (ver Cuadro 36). Además, la mayoría de los países analizados disponen de impuestos de matriculación que penalizan las emisiones GEI. Normalmente, se trata de esquemas en los que el impuesto aumenta exponencialmente a medida que aumenta el factor de emisión medio (gCO₂/km). Por ejemplo, en Portugal el impuesto de matriculación se fija en función de la cilindrada y del factor de emisión, por lo que conforme aumenta la cilindrada del vehículo eléctrico, el ahorro respecto al vehículo convencional comparable es mucho más significativo. Por ejemplo:

- Nissan Leaf (eléctrico) frente al Nissan Pulsar (convencional): ahorro de 2.200 euros (en España, el impuesto de matriculación del Nissan Pulsar es nulo).
- BMW Serie 3 híbrido enchufable: ahorro de 5.700 euros respecto al modelo convencional (en España, es 2.400 euros).
- Mitsubishi Outlander híbrido enchufable (eléctrico con mayor número de ventas en el año 2016 en España) frente al modelo convencional: ahorro de 9.900 euros (en España, 1.700 euros).

En términos generales, los planes de incentivos económicos al vehículo eléctrico en los países analizados suponen un ahorro sustancial en el coste completo respecto a un

Cuadro 36: Resumen de principales incentivos económicos al vehículo eléctrico en 2015



Nota: Existen incentivos económicos adicionales que no han sido contabilizados (por ejemplo, descuentos en aparcamiento, peajes gratuitos, descuentos en los seguros de automóvil, etc.)

(1) Ejemplo de un Nissan Leaf frente a un Pulsar comparable de gasolina. Vida útil: 10 años.

(2) Diferencia entre la media aritmética excluyendo España y los incentivos de España

(3) Incentivo por entregar un vehículo de combustión interna matriculado antes de 2001

(4) Incentivo para un vehículo de empresa con utilización particular

(5) Incluye 750 € de Plan PIVE compatibles con incentivos Plan MOVEA

(6) Aunque el Nissan Leaf, por ser vehículo eléctrico, esté exento de pagar el impuesto de matriculación, el impuesto de matriculación de un vehículo convencional comparable es nulo

Fuente: ICCT; IEA - Global EV Outlook (2016); Alternative Fuel Data Center; Nissan; ANECRA; MOBI.E; MOVEA; análisis Monitor Deloitte

vehículo convencional comparable, han tenido una dotación económica relevante por parte de las Administraciones Públicas y han sido sostenidos en el tiempo:

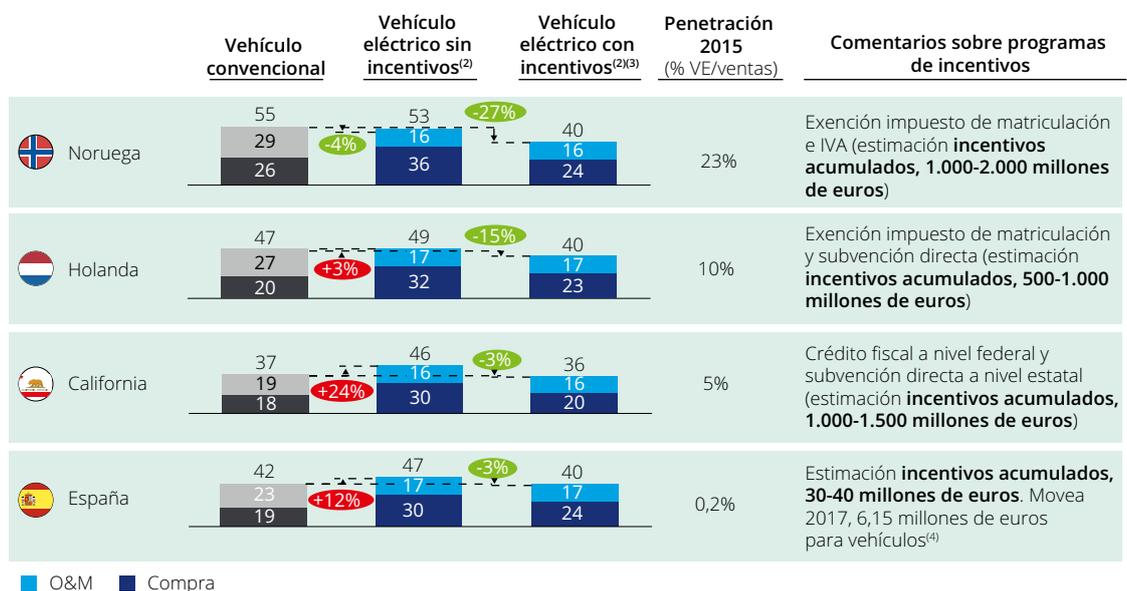
- ♦ Un vehículo eléctrico utilitario es entre un 15% y un 27% más económico en Noruega y Holanda, en términos de coste completo (ver Cuadro 37). Adicionalmente, el vehículo eléctrico es equiparable en términos de coste inicial (principal variable de decisión de un particular en la compra) en Noruega, Holanda y California. En España, si tenemos en cuenta los incentivos existentes, el vehículo eléctrico es un 3% más económico (en términos de coste completo) que un vehículo convencional comparable.
- ♦ Tanto Holanda como Noruega, pese a ser mercados mucho menores en ventas anuales de vehículos (~0,2 millones en Noruega y ~0,5 en Holanda, frente a ~1 millón en España) y disponer de parques más pequeños que el

español, han destinado mayores recursos a incentivos económicos (más de 1.000 millones de euros en Noruega y más de 500 millones de euros en Holanda⁶¹). En California, por su parte, teniendo en cuenta los incentivos estatales y los incentivos federales, se han dedicado más de 1.000 millones de euros a la subvención de vehículos eléctricos.

- ♦ En otros mercados, las subvenciones y las exenciones fiscales han sido sostenidas en el tiempo y los consumidores tienen completa visibilidad sobre la cuantía y duración de las mismas (por ejemplo, en Alemania, 600 millones de euros durante 5 años; en Noruega, exención del impuesto de matriculación desde 1990).
- ♦ Los planes de incentivos económicos que ha habido en España (MOVELE y MOVEA; ver Cuadro 38) han sido insuficientes e ineficaces (y siguen siéndolo actualmente)

Cuadro 37: Costes totales de un vehículo eléctrico con respecto a uno convencional comparable⁽¹⁾ en 2015

(miles de euros)



(1) Comparativa de un Nissan Pulsar y un Nissan Leaf comparables para un periodo de 10 años. Precios de compra anunciados en web oficial de cada país. Supuestos: valor residual nulo al final del periodo, 14.000 km anuales, punto de recarga incluido en la versión eléctrica por valor de 1.500€, gasolina sin plomo 95, precios gasolina y electricidad del año 2015 para cada país. Precio gasóleo: Noruega 1,7 €/l, Holanda 1,6 €/l, California 0,7 €/l y España 1,2 €/l. Precio de la electricidad: Noruega 14 c€/kWh, Holanda 18 c€/kWh, California 18 c€/kWh y España 23 c€/kWh
 (2) Incluye instalación de un punto de recarga particular
 (3) Incluye la subvención por instalar un punto de recarga privado. Supuesto que el comprador recibe todos los incentivos económicos disponibles y que es capaz de recuperar la cuantía total del crédito fiscal
 (4) Inicialmente 4,5 M€. 1,65 restantes reasignados por el Ministerio de la categoría 'Instalación de puntos de recarga'
 Fuente: Eurostat; ICCT; IEA – Global EV Outlook (2016); IA-HEV; ANFAC; análisis Monitor Deloitte

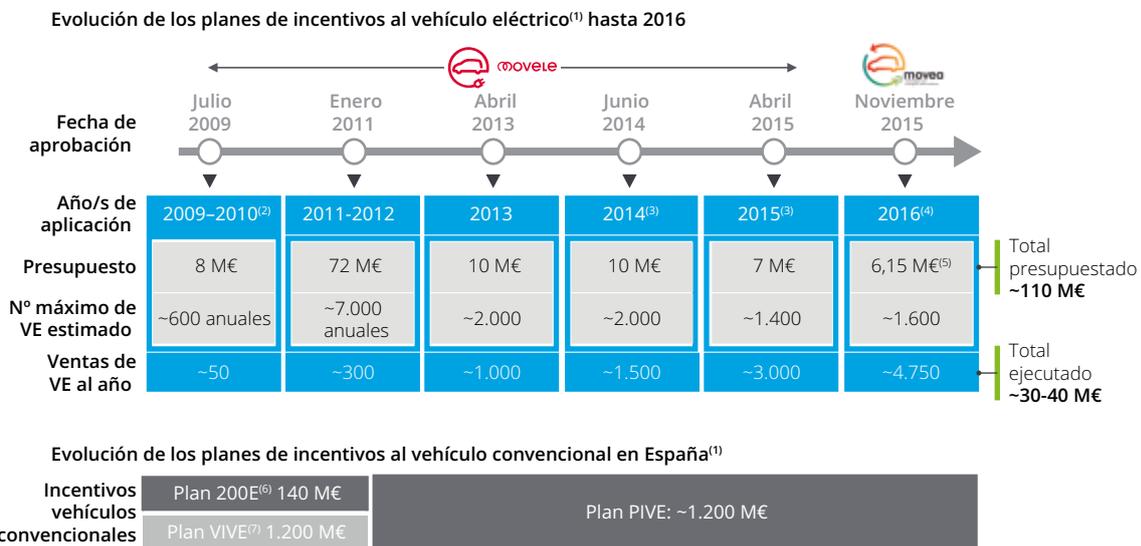
61 Incentivos acumulados estimados como incentivos unitarios para un vehículo medio por número de vehículos eléctricos en el parque.

para incentivar la adopción de la movilidad eléctrica. Su diseño basado en programas anuales limita la dinámica de compra, ya que las ayudas suelen agotarse antes de la finalización de cada año. Esta dinámica crea incertidumbres y limita la visibilidad sobre el coste del vehículo eléctrico en el momento de la adquisición.

En España se han dedicado entre 30 y 40 millones de euros a incentivos⁶² (incentivos acumulados de planes entre 2009 y 2015), lo que equivale en términos relativos a una dotación 100 veces inferior a la acumulada en Noruega (una dotación económica 25 veces menor para un mercado de ventas totales cinco veces mayor). A modo de comparación, los planes PIVE (incentivos para la renovación del parque de vehículos, principalmente utilizados para la adquisición de vehículos convencionales) han tenido una dotación económica de alrededor de 1.200 millones de euros desde 2012; los recursos destinados a los planes de incentivos del vehículo eléctrico han sido 27 veces inferiores.

2. Facilidades al uso del vehículo eléctrico/restricciones al uso del vehículo convencional. Como consecuencia de la evolución de la movilidad, a finales del siglo XX las principales ciudades del mundo, incluidas las europeas, ya presentaban habitualmente problemas de congestión, contaminación acústica, ocupación de espacio público o concentración de elementos contaminantes, lo que ha originado problemas de calidad del aire. A raíz de esto se han implantado medidas para restringir el uso del vehículo particular, como por ejemplo, la implantación de carriles BUS/VAO (vehículos de alta ocupación), zonas de aparcamiento regulado, cargos a la circulación en núcleos urbanos o incluso zonas de acceso restringido a no residentes. En lo que respecta a los vehículos eléctricos, en muchos municipios y estados se facilita el uso del vehículo eléctrico al no aplicarle esas restricciones (por ejemplo, exención de peajes, acceso a carriles BUS/VAO o aparcamiento gratuito en zonas de aparcamiento regulado).

Cuadro 38: Evolución de los planes de incentivos al vehículo eléctrico en España⁽¹⁾



(1) Incluye vehículos eléctricos, vehículos híbridos enchufables y vehículos eléctricos de rango extendido. Incentivos en función de autonomía de vehículo eléctrico; únicamente para vehículos eléctricos con autonomías superiores a 15 km
 (2) Autonomía superior a 20 km
 (3) Incentivos se incrementan hasta un máximo de 7.700 € para familias numerosas y discapacitados
 (4) El precio de venta de los vehículos no puede superar los 32.000 €. Incluye incentivos por la instalación de un punto de recarga privado: 1.000 €. Vehículos propulsados por gas natural y vehículos propulsados por hidrógeno también son elegibles para recibir el incentivo. Dispone de incentivos adicionales para la instalación de puntos de recarga públicos (650 k€)
 (5) Inicialmente 4,5 M€. 1,65 restantes reasignados por el Ministerio de la categoría 'Instalación de puntos de recarga'
 (6) Duración: mayo 2009 – mayo 2010
 (7) Plan de financiación de vehículos convencionales por parte del estado por el 100% del importe. Duración: noviembre 2008 – mayo 2009
 Fuente: BOE; análisis Monitor Deloitte

62 Incentivo acumulado calculado en base a los Planes MOVELE y MOVEA, destinados a la compra de vehículos eléctricos (en los años en los que se han agotado los fondos) y calculado a partir del incentivo unitario medio anual a un vehículo eléctrico por las ventas anuales de vehículos eléctricos (en los años en los que no se han agotado los fondos).



En España se han adoptado algunas de estas medidas, como por ejemplo, la posibilidad de circular con vehículos eléctricos por los carriles VAO o el aparcamiento gratuito en zonas de estacionamiento regulado. Sin embargo, a pesar de su eficacia, la introducción de restricciones a la circulación de vehículos contaminantes presenta un nivel de ambición más reducido en España:

- ♦ **París:** en julio de 2016, el Ayuntamiento de París lanzó un plan anticontaminación con la intención de crear una zona de bajas emisiones y mejorar la calidad del aire. La medida más significativa supone la prohibición progresiva de la circulación de vehículos diésel en la capital y su periferia (almendra central de la ciudad de París, alrededor de 110 km² de superficie). Dicha prohibición se lleva a cabo en función del año de matriculación del vehículo: en el año 2016, los vehículos matriculados antes de 1997 (~10% de los vehículos actuales de París); en 2017, los matriculados antes de 2001 y en el 2020, los matriculados antes de 2011. El plan incluye otras medidas de carácter excepcional, como por ejemplo, la circulación alterna (en función del número

de matrícula, par versus impar), la gratuidad temporal del transporte público durante picos de contaminación o la restricción del tráfico a vehículos convencionales en algunos barrios residenciales de París. Los vehículos eléctricos están exentos de este tipo de restricciones.

- ♦ **Londres:** existe una zona de cargo por congestión (alrededor de 21 km²; operativa en días laborables) y una zona de bajas emisiones (alrededor de 1.580 km², limitada para vehículos de mercancías y todoterreno), por las cuales los vehículos convencionales deben pagar por circular 12£ y 100£ al día, respectivamente. Además, se ha implantado una zona de ultra-bajas emisiones (área similar a la zona de cargo por congestión), en la que los vehículos convencionales que deseen circular por ella deberán pagar entre 12£ y 50£ al día desde el año 2020 (adicionales a los cargos por circular por las otras zonas). En octubre de 2016, el Alcalde de Londres propuso adelantar un año la implantación de dicha zona, extender su superficie de aplicación e introducir una tasa adicional a las emisiones ("T-charge") para los vehículos convencionales de mayor antigüedad.

♦ **Madrid:** en febrero de 2016, el Ayuntamiento de Madrid aprobó el protocolo de medidas a adoptar durante episodios de alta contaminación por dióxido de nitrógeno (NO₂), que contempla varios escenarios de actuación en función de la calidad del aire. En diciembre de 2016, se aplicaron varias actuaciones, en el marco de este protocolo, como respuesta al incremento de los niveles de contaminación (entre otras, la prohibición de la circulación de los vehículos de acuerdo al número de su matrícula, par vs. impar). Fue la primera vez que se aplicaba una medida de este tipo en España. Otras ciudades, como Barcelona o Valencia, han aprobado o están estudiando protocolos de actuación con objetivos análogos.

Adicionalmente, en la ciudad de Madrid existen espacios, denominados Áreas de Prioridad Residencial (APR), en los que se restringe el acceso a aquellos vehículos cuyo titular no sea residente. Las APRs tienen el fin de preservar el uso sostenible de dichas zonas y disminuir sus niveles de contaminación acústica y medioambiental. Los vehículos eléctricos pueden acceder sin autorización. Existen cuatro APRs en Madrid, que comprenden un espacio de entre 3 y 4 km², con controles de acceso mediante la

captura de una imagen de la matrícula del vehículo en las vías de entrada. Está en fase de estudio su ampliación a nuevas zonas de la ciudad.

Por su parte, la Dirección General de Tráfico (DGT) ha clasificado el parque de vehículos de acuerdo a su nivel de contaminación y está enviando etiquetas de colocación voluntaria a los titulares de los vehículos que componen el 50% del parque más limpio. Esta medida tiene como objetivo facilitar la identificación de los vehículos más respetuosos con el medio ambiente, para establecer políticas municipales que faciliten la actuación en episodios de alta contaminación, permitan la entrada en zonas de bajas de emisiones en los centros urbanos y ayuden a promocionar los vehículos propulsados por energías alternativas.

3. Mandato y control sobre ventas de vehículos. Algunos países están contemplando la posibilidad de prohibir las ventas de vehículos convencionales entre 2025 y 2030 (por ejemplo, Noruega, Holanda y Alemania; ver Cuadro 39). Por el momento, no existe un calendario oficial para la prohibición de las ventas de vehículos convencionales en España.

Cuadro 39: Objetivo de penetración de vehículos eléctricos y propuestas de prohibición de los vehículos convencionales

Objetivo de penetración de VE en el parque
(2020; % del parque de vehículos)⁽¹⁾

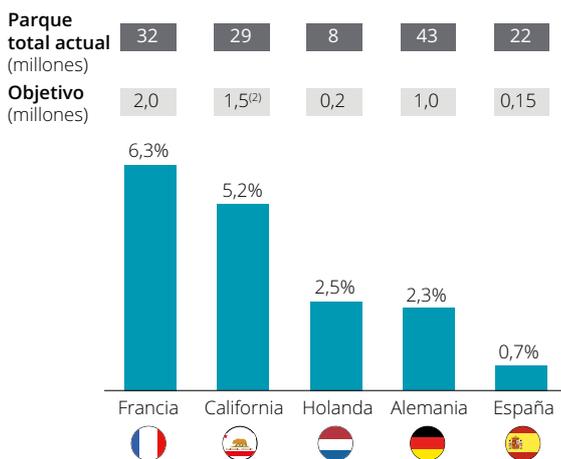


Ilustración de propuestas legislativas para prohibir/limitar los vehículos convencionales

Holanda
Ley (pendiente de aprobación) para **prohibir las ventas de vehículos convencionales a partir de 2025**

Noruega
Acuerdo político (desarrollo legislativo en curso) para **prohibir las ventas de vehículos convencionales a partir de 2025**

Alemania
Resolución para **prohibir la venta de vehículos convencionales a partir de 2030 en toda la Unión Europea⁽³⁾ y revisar las políticas fiscales favorables a los vehículos diésel**

(1) Incluye vehículos eléctricos e híbridos enchufables

(2) Objetivo para el año 2025

(3) No es legislativamente vinculante

Fuente: Exane – BNP; información fabricantes vehículos; análisis de prensa; Eurostat; análisis Monitor Deloitte

Adicionalmente, la mayoría de países con una elevada penetración del vehículo eléctrico han establecido objetivos de ventas para guiar el resto de medidas (en California, 1,5 millones de vehículos eléctricos en 2025 o en Francia, 2 millones en 2020; ver Cuadro 39). En España, las Administraciones Públicas han mostrado una menor ambición en el establecimiento de objetivos de penetración de vehículos eléctricos (150.000 vehículos alternativos⁶³ en 2020, según la Estrategia de Impulso del vehículo con energías alternativas en España, 2014-2020).

Después de analizar los diferentes esquemas de apoyo y cómo se están aplicando en los diferentes países analizados, se comprueba que los programas más exitosos se basan en estos principios:

- Son **modelos “multi-incentivo”** en los que se combinan diferentes tipos de incentivos: económicos, restricciones al vehículo convencional/facilidades al vehículo eléctrico y mecanismos de mandato y control sobre las ventas.
- Los esquemas de **incentivos económicos** son **sostenidos a lo largo del tiempo** y suponen un **apoyo económico relevante**. Hacen que el coche eléctrico sea **entre un 15 y un 27%** más económico que un convencional comparable, en términos de coste completo, y son aplicables a todo tipo de vehículos.
- Los **incentivos económicos están dirigidos a los segmentos más relevantes del mercado, no solo a usuarios particulares**, sino también a vehículos de flotas o usuarios profesionales. Estos incentivos se pueden integrar en los esquemas de adquisición y financiación más extendidos en cada segmento (por ejemplo, leasing).
- Las **facilidades al uso del vehículo eléctrico** (acceso a parking en el centro de las ciudades, parking gratuito, acceso a carriles prioritarios, etc.) son un **incentivo muy atractivo pero que únicamente funciona en las primeras etapas del despliegue**, perdiendo interés una vez el vehículo eléctrico se populariza (por ejemplo, los carriles prioritarios llegan a saturarse de igual forma que los convencionales).

– Los **esquemas de mandato y control han sido consistentes con las políticas de incentivos anteriores**. La prohibición de vehículos convencionales cuenta con un calendario conocido y con suficiente tiempo de antelación para no perjudicar a los consumidores.

ii. **Desarrollo de infraestructura de recarga de acceso público.** El desarrollo de la infraestructura de recarga pasa principalmente por tres etapas: planificación, financiación de la inversión e instalación, propiedad y gestión de la misma. Para cada una de ellas se han analizado los agentes clave involucrados en su ejecución (Administración Pública, proveedores integrales de recarga, empresas eléctricas, etc.).

El análisis se centra en la infraestructura de recarga de acceso público, tanto electrolinerías como postes en la vía pública, ya que es la más crítica para el despliegue inicial del vehículo eléctrico. La relevancia de la infraestructura de recarga de acceso público y su falta de rentabilidad en las condiciones actuales han llevado a diferentes países a realizar actuaciones en algunas o todas estas etapas:

1. Planificación de la infraestructura:

En todos los países con un despliegue masivo de infraestructura de recarga las Administraciones Públicas han participado activamente:

- ♦ **Directamente:** dirigiendo las zonas de despliegue de la infraestructura en función de las necesidades del mercado. Por ejemplo, el regulador energético de California (California Public Utilities Commission, CPUC) ha autorizado a las tres principales eléctricas (PG&E, SDG&E y SCE) a desplegar alrededor de 13.000 postes de recarga específicamente dirigidos a zonas residenciales y de oficinas. Además, en enero de 2017 la CPUC solicitó a todas las empresas eléctricas privadas del estado de California planes de inversión detallados para fomentar el desarrollo de la infraestructura de recarga.
- ♦ **A través de licitaciones:** orientando el despliegue hacia zonas de las principales carreteras o ciudades, por ejemplo, en el caso de Noruega.

⁶³ Incluye vehículos eléctricos, vehículos híbridos enchufables, vehículos eléctricos con el rango extendido, vehículos propulsados con gas natural y vehículos de pila de hidrógeno.

En general, los países más avanzados en la descarbonización del transporte han definido objetivos ambiciosos de infraestructura de recarga (por ejemplo, en Francia, 7 millones de puntos de recarga en 2030 incluyendo puntos de recarga particulares) y las Administraciones Públicas tienen un rol relevante en el despliegue de la infraestructura, en la mencionada planificación o facilitando el posterior seguimiento del despliegue.

- 2. Financiación de la inversión:** La mayor parte de las electrolineras y postes en vía pública han sido desarrollados por agentes privados. Sin embargo, ha sido necesaria la participación activa de las Administraciones Públicas para estructurar algún mecanismo de incentivo económico al despliegue inicial.

- ◆ **Apoyo directo con fondos públicos** para financiar parcial o totalmente infraestructuras (por ejemplo, en Holanda o Noruega). El acceso a los fondos de financiación se instrumenta mediante licitaciones de las Administraciones Públicas. Por ejemplo, Fortum Charge&Drive en Noruega o FastNed en Holanda, han desarrollado su propia infraestructura de recarga accediendo a Fondos o ayudas procedentes de Administraciones Públicas.
- ◆ **Recuperación de costes a través de la tarifa eléctrica:** adjudicación a empresas de distribución de electricidad del despliegue de la infraestructura, permitiéndoles recuperar los costes como parte de su retribución (por ejemplo, en el estado de California o Irlanda). Éste modelo⁶⁴ permite un despliegue rápido de toda aquella infraestructura de recarga que actualmente no es rentable y que, por tanto, no es desarrollada por agentes privados, pero que es imprescindible para la adopción inicial de la movilidad eléctrica (por ejemplo, puntos de recarga en zonas residenciales).
- ◆ **Financiación privada.** El sector terciario (hoteles, comercios, gasolineras, etc.) ha desarrollado infraestructura de recarga en sus propias instalaciones y ofrecen servicios de recarga a sus clientes (generalmente,

como incentivo o beneficio adicional). De la misma manera, algunos fabricantes de automóviles desarrollan su propia infraestructura para facilitar a potenciales compradores la recarga de sus vehículos eléctricos (por ejemplo, Nissan, VW, BMW o Tesla). Algunos fabricantes ofrecen la recarga de manera gratuita a los propietarios de vehículos eléctricos de su marca, como por ejemplo Tesla⁶⁵. Por otro lado, algunos proveedores de infraestructura de recarga también han financiado parte de su propia infraestructura (por ejemplo, BlinkNetworks en California).

- 3. Instalación, propiedad y gestión:** Se trata de una fase crítica en el despliegue. En ocasiones, la gestión de la infraestructura no proporciona un flujo de ingresos que permita recuperar los costes de operación y mantenimiento, lo que provoca que, con cierta frecuencia, esta sea abandonada. No existe un modelo único de propiedad y gestión del punto de recarga, destacando los siguientes casos:

- ◆ **California:** hasta la fecha, los promotores privados han sido los únicos responsables de la instalación y gestión de la infraestructura de recarga y mantienen la propiedad de la misma. Tras la mencionada autorización de la CPUC, las tres principales empresas de distribución de electricidad mantendrán la propiedad del punto de recarga que ellos desplieguen, mientras externalizarán su gestión a terceros.
- ◆ **Holanda:** algunos municipios (como Amsterdam) mantienen la propiedad de la infraestructura y externalizan la gestión a terceros, generalmente proveedores de infraestructura de recarga.
- ◆ **Noruega:** los agentes privados son fundamentalmente los propietarios y gestores de los puntos de recarga (por ejemplo, Fortum Charge&Drive y Grønn Kontakt).
- ◆ **Irlanda:** la gestión la lleva a cabo una empresa filial de la distribuidora de electricidad (ESB), que mantiene la propiedad de la infraestructura.

⁶⁴ Es el denominado modelo DSO.

⁶⁵ A partir de 2017 los usuarios de Tesla disponen de 400 kWh de recarga gratuita en la red de infraestructura de Tesla, a partir de los cuales deben pagar por la recarga.

En el caso español, la figura del gestor de carga no ha sido suficiente para desplegar una infraestructura con la capilaridad necesaria y no ha permitido desarrollar elementos clave como la interoperabilidad de la recarga, elementos que permitirían mitigar las barreras de la movilidad eléctrica en ausencia de otras medidas de impulso.

La interoperabilidad es un aspecto imprescindible para garantizar que cualquier usuario de vehículo eléctrico pueda pagar por el servicio de manera sencilla, y facilitar así la adopción masiva del vehículo eléctrico. Es fundamental desarrollar las siguientes dimensiones de interoperabilidad en las primeras fases de adopción de la movilidad eléctrica:

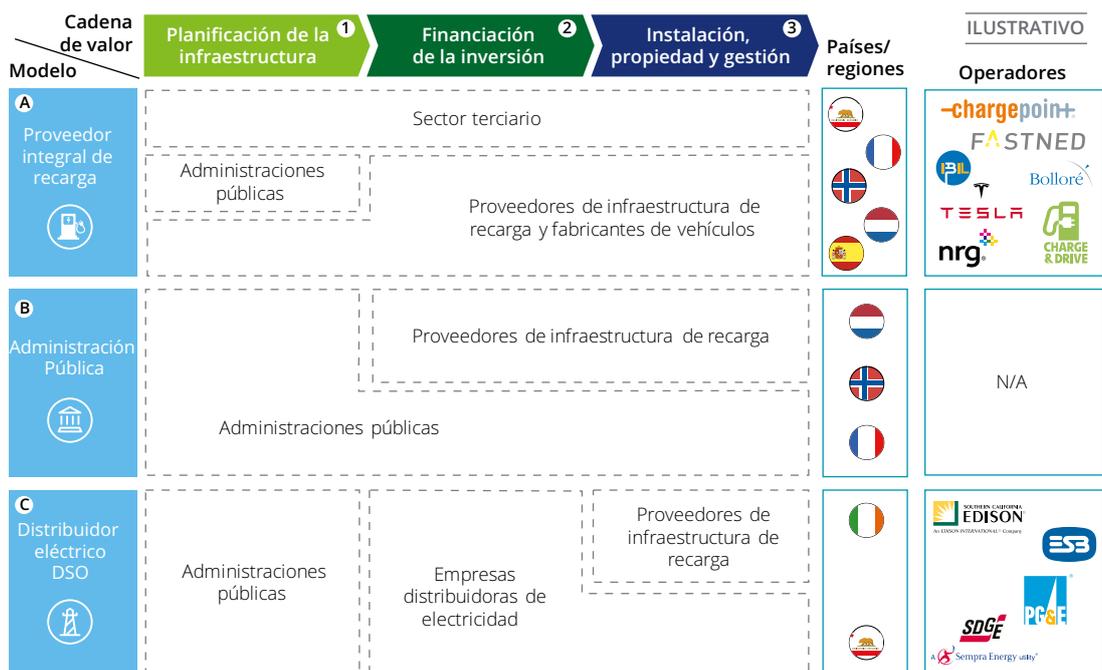
- La interoperabilidad física, facilitada por el acceso físico a la infraestructura y a la recarga mediante la conexión del coche al punto de recarga, independientemente del operador del mismo. Por ejemplo, la Unión Europea ha designado que la infraestructura de recarga europea debe disponer, al menos, de un conector del Tipo 2 o Mennekes.
- La interoperabilidad económica, en el corto plazo, es crítica para desarrollar la movilidad eléctrica. Es necesario definir medios de pago "universales" con los que cualquier usuario de

vehículo eléctrico pueda pagar en cualquier punto de recarga. Los medios de pago tradicionales (tarjeta de crédito) o digitales (por ejemplo, sistemas de pago a través del teléfono móvil o monederos virtuales) son soluciones que deben permitir resolver el problema de la interoperabilidad en las transacciones económicas. Algunos proveedores de infraestructura de recarga y fabricantes de vehículos han llegado a acuerdos para facilitar a sus clientes el pago y la información de sus redes de manera conjunta (por ejemplo, BMW, VW o Nissan y ChargePoint o NRG eVgo). Por el momento, en los países analizados se han adoptado tarifas basadas en conceptos diferentes: energía recargada, tiempo de recarga, tarifas planas, etc.

En términos generales, el desarrollo de la infraestructura de recarga de acceso público ha seguido uno de los tres modelos de despliegue (ver Cuadro 40) que se explican a continuación:

A. Proveedor integral de recarga: el despliegue es liderado por promotores privados, principalmente proveedores de infraestructura de recarga, fabricantes de vehículos y/o empresas del sector terciario (centros comerciales, hoteles, etc.). Los promotores privados planifican la infraestructura de recarga necesaria basándose en sus expectativas de rentabilidad o como un

Cuadro 40: Principales modelos de despliegue de infraestructura de recarga de acceso público identificados



Fuente: análisis de prensa; información pública de operadores; IA-HEV; ICCT; análisis Monitor Deloitte

servicio de valor añadido a sus clientes (centros comerciales, hoteles, etc.). En algunos casos, las Administraciones Públicas planifican la infraestructura necesaria y su localización para que los promotores privados puedan acceder a ayudas o incentivos.

Generalmente, la instalación y gestión de la infraestructura la llevan a cabo sus propietarios (por ejemplo, Fortum Charge & Drive en Noruega) o empresas especializadas a los que los propietarios externalizan estas actividades⁶⁶. Los promotores de las instalaciones tienen la posibilidad de acceder a ayudas públicas que permiten recuperar al menos parte de los costes de inversión. El principal reto de este modelo de despliegue es la visibilidad de un flujo de ingresos a futuro que permita la recuperación de los costes de inversión, operación y mantenimiento, pese a que algunos de los puntos instalados tienen como objetivo prioritario dar un servicio adicional a los clientes (caso de determinados hoteles, supermercados, etc.).

B. Administración Pública: el despliegue es liderado por las Administraciones Públicas, generalmente locales (por ejemplo, los Ayuntamientos de Amsterdam, de Oslo y de las principales ciudades francesas). En las etapas iniciales del despliegue o en zonas donde el desarrollo por parte de promotores privados ha sido reducido por falta

de rentabilidad, las Administraciones Públicas desarrollan la infraestructura necesaria para incentivar la adopción del vehículo eléctrico. En la mayoría de los casos, la instalación y la gestión se externaliza a proveedores de infraestructura de recarga.

C. Distribuidor eléctrico (DSO): Las empresas de distribución de electricidad financian y mantienen la propiedad de la infraestructura, cuya gestión pueden externalizar a terceros. Las distribuidoras recuperan los costes de inversión y de operación y mantenimiento a través de la tarifa de acceso a la red de los consumidores de electricidad. Este modelo, que se ha puesto en marcha en varios países (ver Cuadro 41) pretende garantizar el despliegue en las etapas iniciales de adopción (por ejemplo, en Irlanda) o en zonas donde el desarrollo por parte de promotores privados ha sido reducido por la falta de visibilidad de rentabilidad (por ejemplo, en el estado de California).

Con este modelo, la regulación establecería un marco de actuación que garantiza la realización de los planes de inversión aprobados, tiene mecanismos para controlar que el despliegue se realiza en tiempo y de acuerdo al plan, y dispone de un esquema de remuneración ya definido tanto para la inversión como para los costes de operación y mantenimiento.

Cuadro 41: Dos ejemplos del despliegue de modelos DSO

California



- # de puntos de recarga: **23.000**⁽¹⁾
- % de DSO: **~60%**⁽¹⁾

- Hasta **2015** las eléctricas **no podían desplegar red** y recuperarlo como coste regulado; CPUC⁽²⁾ modifica normativa por desarrollo insuficiente de la red, y pide propuestas a 3 utilities⁽³⁾
- Propuesta inicial de utilities: ~60.000 ptos. de recarga (~1.100 M\$)
- **Propuesta autorizada: ~13.000 ptos. de recarga (~230 M\$)** – zonas residenciales (“low income”) y oficinas
- **Instalación y O&M externalizado** a proveedores de infraestructura de recarga
- CPUC estudia que se **recupere la inversión a través de la tarifa eléctrica** (otros promotores privados con inversiones acometidas han puesto reclamaciones)

Irlanda



- # de puntos de recarga: **900**
- % de DSO: **~100%**

- **ESB ecars en 2014** (subsidiaria de la eléctrica irlandesa ESB Networks) **proyecto piloto de 3 años para desplegar la infraestructura de recarga** (~1.500 ptos.)
- Planifica, instala y gestiona la recarga de la red
- Máximo de **25 M€ de inversión recuperable a través de la tarifa de acceso**
- **Carga gratuita** pendiente de incluirse en factura de electricidad del consumidor en 2016
- ESB debe **analizar impacto del VE en red de distribución**
- Al finalizar el piloto se estudiará si incluir los activos en el RAB o si vender los activos a terceros

(1) Se ha tenido en cuenta la propuesta autorizada en 2016 por parte de la CPUC a utilities para instalar 13.000 puntos de recarga y recuperar 1.100 millones de inversión a través de la tarifa

(2) California Public Utilities Commission

(3) PG&E, SCE and SDG&E

Fuente: análisis de prensa; IA-HEV; CIRED; IEA – Global EV Outlook; análisis Monitor Deloitte

66 Por ejemplo, ChargePoint, que dispone la red de infraestructura más grande del mundo, solo actúa como proveedor de servicios de recarga, agrupando instalaciones de terceros pero sin acceder a la propiedad de los activos de su red.

Cuadro 42: Barreras para una adopción del autobús eléctrico urbano en función de la modalidad de recarga

Recarga de ocasión



Puntos de recarga a lo largo del recorrido del autobús, por pantógrafo o cargadores de inducción

- **Contaminación visual y acústica** (complejidad en centros históricos o zonas residenciales)
- **Pérdida de flexibilidad de la ruta** realizada por el autobús
- Dificultad en la **conexión a la red de distribución** (potencia necesaria)
- **Gestión complicada** con Administraciones Públicas

Energía embarcada



Puntos de recarga agrupados en hubs de recarga en las cocheras o aparcamientos de la empresa que gestiona la flota

- **Autonomía insuficiente en baterías** (200 – 300 km de trayecto medio vs ~200 km de autonomía disponible)
- **Coste y peso muy elevado de las baterías**
- **Acceso a red de distribución** en los hubs de carga

Fuente: entrevistas con expertos sectoriales; EMT; análisis Monitor Deloitte

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 técnico y comercial inferior al de los coches eléctricos. En el caso español, en el año 2015 se comercializaron un autobús eléctrico y siete autobuses híbridos enchufables sobre el total de 2.954 autobuses matriculados, lo que representó menos de un 0,3% de las ventas. Sin embargo, los últimos avances tecnológicos previstos apuntan a que su desarrollo se puede acelerar en los próximos años. Las principales causas del bajo nivel de penetración del autobús eléctrico son las siguientes:

- La **limitada autonomía de los sistemas basados en energía embarcada** (ver Cuadro 42). La autonomía de estos sistemas no ha alcanzado aún la de un autobús convencional. Los modelos disponibles de autobuses eléctricos urbanos pueden llegar a alcanzar más de 200 km de autonomía, al límite de la necesidad para completar una jornada diaria media sin recargar su batería (entre 200 y 300 km). La nueva generación de autobuses eléctricos permite autonomías de hasta 500 km gracias al uso de tecnologías de almacenamiento similares al de los coches eléctricos, pero a mayor escala (baterías de más de 600 kWh, en comparación con las baterías de coches eléctricos de tamaño medio, que tienen 50 kWh).
- La **reducción de la flexibilidad de las rutas en los sistemas que incluyen recarga a lo largo del recorrido** (ver Cuadro 42). Esta solución consiste en instalar puntos de recarga rápidos a lo largo del recorrido del autobús (a los que se conecta, por ejemplo, a través de un pantógrafo) que permita una recarga frecuente y, por tanto, el uso de una batería de menor tamaño. Este sistema presenta

la limitación de que las rutas seguidas por los autobuses deben considerar la existencia de estos puntos de recarga, lo que limita la flexibilidad ante posibles imprevistos (por ejemplo, el corte de una calle). Otras barreras para este tipo de sistemas son el elevado coste de instalar tomas de alta potencia en el centro de las ciudades (puede ascender a 250.000 euros por toma, cantidad comparable al coste de un autobús convencional), las posibles restricciones por falta de capacidad de la red de distribución e incluso el impacto visual que generan los puntos de recarga tipo catenaria. Por otro lado, esta infraestructura de recarga de ocasión puede utilizarse para otros vehículos eléctricos (tanto particulares como flotas), o para el despliegue de otros postes de recarga, aprovechando la misma conexión a la red eléctrica.

- El **coste de inversión para la adquisición de un autobús eléctrico**, que puede ser de hasta el doble que el de un autobús convencional o que uno de gas natural. Sin embargo, los costes de operación y mantenimiento de estos vehículos son inferiores a los de un autobús convencional.
- La **necesidad de desarrollar (o adquirir) nuevas capacidades técnicas por parte de las empresas municipales de transporte** para la implantación, operación y mantenimiento de líneas de autobuses urbanos eléctricos. El desarrollo de programas piloto que permitan la adquisición de estas capacidades requiere normalmente de elevadas inversiones, solo asumibles por las grandes ciudades. Cabe desatacar los proyectos de I+D desarrollados en nuestro país, tales como el proyecto Victoria (San Sebastián) o el proyecto ZeUs (Barcelona).

A pesar de estas barreras, y gracias a su contribución a la descarbonización y la reducción de emisiones

de elementos contaminantes (SO_x , NO_x , etc.), en numerosas ciudades nacionales y extranjeras se están desarrollando proyectos piloto y se están estableciendo objetivos para la implantación de esta tecnología:

- **Londres** tiene un plan para el despliegue de 3.000 autobuses eléctricos hasta 2019, y para que el 100% de las altas de autobuses sean eléctricos, híbridos o propulsados con hidrógeno desde el año 2018.
- **París** tiene planificada la puesta en marcha de la primera línea de autobús completamente eléctrica en 2016, así como un objetivo de que el 80% de su flota de autobuses sea eléctrica en 2025 (y el 20% restante de biogás) y otro de desplegar 25 estaciones de recarga para dar servicio a 200 autobuses eléctricos por estación.
- **En las principales ciudades de China** se espera que el gobierno plantee el objetivo de que el 80% de los autobuses vendidos para el año 2020 sean cero emisiones. Cabe destacar el avance de este país en la adopción del autobús eléctrico: las ventas en 2015 alcanzaron las 100.000 unidades. En este mercado, la electrificación de los autobuses está ocurriendo a una velocidad similar a la de los coches.
- En **California** existe un mandato por el cual el 15% de los nuevos autobuses deben ser eléctricos desde el año 2011. De los cerca de 10.000 autobuses urbanos que circulan en California, alrededor de 400 son eléctricos, híbridos enchufables o de hidrógeno.
- **Madrid** no ha adquirido autobuses diésel desde el año 2010 y ha ido sustituyéndolos progresivamente por autobuses alimentados por gas natural que presentan una reducción relevante de las emisiones de SO_x , NO_x y de partículas. 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, e iniciar la transformación progresiva de la flota en eléctrica. Esta transformación incluye el lanzamiento de una línea de autobuses eléctricos con recarga de oportunidad en las cabeceras de la línea, mediante inducción, que comenzará a funcionar a mediados de 2017 y la instalación, en un centro de operaciones de la EMT, de puntos de recarga para dar servicio a la flota de autobuses con tecnología de energía embarcada.
- **Barcelona**. Ha participado en el proyecto ZeUS (22 millones de euros; 3 años y medio; 8 ciudades participantes) para demostrar la viabilidad de los autobuses eléctricos. En 2016 contaba con una línea de autobuses con sistema de recarga con pantógrafo.



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

Las diferentes Administraciones Públicas deben acometer una serie de reformas, planes de incentivos y de inversión que fomenten el desarrollo de la movilidad eléctrica en el transporte de pasajeros. Este desarrollo ha de asegurar un modelo más sostenible y que permita el cumplimiento de los objetivos de descarbonización del sector del transporte.

- Crear un **observatorio del vehículo eléctrico** que fomente la coordinación de las diferentes Administraciones Públicas, así como la planificación y el seguimiento de la penetración del vehículo eléctrico, y el análisis de la efectividad de los programas de incentivos y del fomento de la infraestructura de recarga de acceso público.
- Establecer un objetivo de penetración del coche eléctrico y desarrollar un **plan de incentivos** a la adquisición de vehículos eléctricos:
 - Establecer un **ambicioso objetivo de penetración del coche eléctrico** que permita cumplir con los objetivos de descarbonización, tanto a corto como a medio plazo: 250.000 vehículos eléctricos e híbridos enchufables en 2020 (5% de las ventas de vehículos de dicho año) y 6.000.000 en 2030 (60% de las ventas de vehículos de dicho año).
 - Diseñar un sistema fiscal (IVA o impuesto de matriculación) que permita establecer **exenciones de impuestos a la compra de vehículos eléctricos**, de forma que se reduzca el precio total del coche eléctrico en un 20% (lo que supone un incentivo por vehículo eléctrico en torno a 10.000 euros por vehículo) frente a un convencional comparable, durante los próximos 5 años, o hasta conseguir los objetivos 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.

Este objetivo de coches eléctricos requiere unos incentivos acumulados (ver Cuadro 43 y Cuadro 44) de 1.900-2.300 millones de euros hasta 2020 y de 400-3.900 millones de euros entre 2020 y 2025⁶⁷.

Estos fondos podrían provenir de los recursos actualmente dedicados a la renovación de vehículos (por ejemplo, el Plan PIVE con una dotación anual de 225 millones de euros, principalmente utilizado para la adquisición de vehículos convencionales), así como del incremento de los impuestos de matriculación y circulación a los vehículos convencionales en función de su nivel de emisiones.

- Eliminar completamente los incentivos a la compra de vehículos convencionales.
- Definir un calendario para restringir la compra y el uso de los vehículos convencionales en las grandes ciudades:
 - Implantar el cierre gradual, a partir del año 2025, de los centros de las ciudades a la circulación de vehículos convencionales, y establecer zonas urbanas de bajas emisiones en todas las ciudades españolas que requieran del pago de una tasa para la circulación de vehículos convencionales. Para la implantación de estas medidas se deben utilizar los distintivos ambientales desarrollados por la Dirección General de Tráfico (DGT), y facilitar que las Administraciones Públicas desarrollen medidas para su utilización (por ejemplo, restringiendo la circulación en las ciudades de vehículos en función de su distintivo).
 - Establecer un calendario para la prohibición de ventas de vehículos convencionales.
- Definir y desarrollar un **modelo de despliegue de la infraestructura de recarga** de acceso público (vía pública y electrolinerías) que permita garantizar su desarrollo y facilitar el uso del vehículo eléctrico:
 - Definir una senda de objetivos de instalación de puntos de recarga de acceso público que asegure la consecución de los objetivos de penetración de vehículo eléctrico:
 - ♦ Postes en vía pública: 4.000 postes en 2020, 50.000 en 2025 y 95.000 en 2030. Este número de puntos de recarga requeriría unas inversiones (ver Cuadro 43 y Cuadro 44) de 40 millones de euros para postes en vía pública hasta 2020, 500-700 millones de euros entre 2020 y 2030.

67 Rango de incentivos acumulados derivado de la variación del último año con dotación de incentivos: 2021 o 2024.

Cuadro 43: Fondos destinados para el desarrollo de la movilidad eléctrica en España

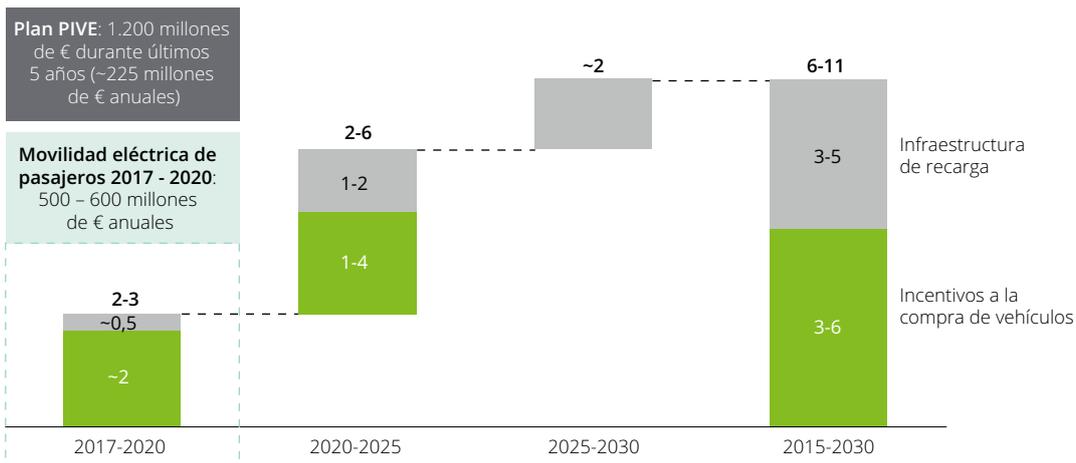
(millones de €)



(1) Incentivos económicos estimados en el momento de la compra para que un vehículo eléctrico sea un 20% más económico en términos de coste completo. Reducción progresiva hasta 2021-2024
 (2) Media entre 2017 y 2024
 (3) Inversión unitaria poste normal: 1.200 €/poste, 2015; 300 €/poste, 2030. Inversión unitaria poste semirrápido: 12.000 €/poste, 2015; 5.000 €/poste, 2030. Inversión unitaria poste rápido: 60.000 €/poste rápido, 2015; 60.000 €/poste rápido, 2030. Incluye estimación de coste de la acometida.
 (4) Cada electrolinera dispone de 2 postes de recarga. Cada poste de recarga dispone de 2 conectores que se pueden utilizar de manera simultánea
 Fuente: GreenTechMedia; EV-Connect; análisis Monitor Deloitte

Cuadro 44: Fondos destinados acumulados para el desarrollo de la movilidad eléctrica de pasajero en España

(miles de millones de €)



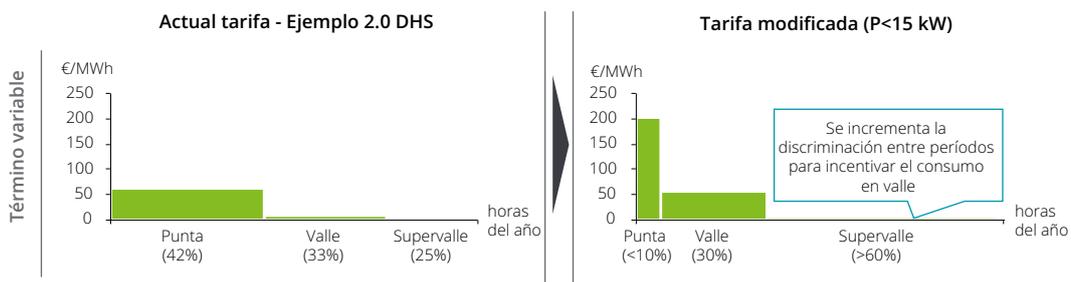
Fuente: análisis Monitor Deloitte

- ♦ Electrolineras: 10.000 en 2020, 40.000 en 2025 y 50.000 en 2030. Este despliegue requeriría una inversión de 130 millones de euros hasta 2020, 350-450 millones de euros entre 2020 y 2025, y 230-330 millones de euros entre 2025 y 2030⁶⁸.
 - Desarrollar una **planificación específica de infraestructura de recarga de acceso público** para cada uno de los niveles de la administración (Ayuntamientos para postes en la vía pública y carreteras bajo su gestión, Comunidades, Diputaciones y Administración Central para autopistas, autovías y red secundaria) que incluya:
 - ♦ Objetivos de número de puntos de recarga por tipología y zona de ubicación, incluyendo unos valores mínimos que aseguren que no se compromete el despliegue del vehículo eléctrico.
 - ♦ Plazos para su despliegue.
 - Definir un **modelo que asegure el despliegue de la infraestructura de recarga planificada**, mientras exista falta de visibilidad sobre su rentabilidad. Este modelo debe:
 - ♦ Ajustar la normativa sobre el acceso y la conexión a la red eléctrica para la alimentación de la infraestructura de recarga, para que la nueva infraestructura necesaria, incluyendo la conexión y el refuerzo de la red, sea responsabilidad de las empresas de distribución (incluyendo la inversión y la operación y mantenimiento), mientras que el poste o la estación de recarga sea un elemento propiedad de los operadores de la recarga.
 - ♦ 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. Esto implica el **acceso a fondos de financiación** para asegurar la rentabilidad mínima de las infraestructuras planificadas, considerando la inversión y los costes de operación y mantenimiento a lo largo de la vida de la infraestructura, todo ello sujeto a requisitos de disponibilidad.
 - ♦ Establecer licitaciones competitivas transparentes y abiertas a la competencia, para el desarrollo de la infraestructura de recarga.
 - ♦ Establecer una **alternativa en los emplazamientos donde el anterior mecanismo no asegure el despliegue del volumen mínimo** de infraestructura, como el 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”. Dicho modelo presenta ventajas sobre otros:
 - » Mayor seguridad acerca del cumplimiento de los objetivos de despliegue de infraestructura, al incluirse en los planes de inversiones del distribuidor. Además, permite facilitar el control de plazos y el seguimiento de este despliegue.
 - » Recuperación de inversiones a través de la tarifa eléctrica, sin necesidad de dotar fondos públicos mediante mecanismos presupuestarios.
 - » Garantía de la interoperabilidad de la red.
 - » Mayor certidumbre al responsable del despliegue sobre la recuperación de costes de inversión, operación y mantenimiento.
- La gestión comercial de estos puntos puede realizarse mediante un gestor de carga, seleccionado por un proceso competitivo, o mediante una plataforma que permitiera al distribuidor relacionarse con el comercializador asociado a cada coche y facilitase directamente a este los datos necesarios para la facturación de la energía.
- ♦ Eliminar las barreras administrativas relacionadas con la figura del gestor de carga, como la necesidad de tener un objeto social relacionado con la compra y venta de electricidad. Estos requisitos pueden ser una barrera para empresas que desarrollan su actividad en un sector diferente al eléctrico, por ejemplo, el sector terciario. Adicionalmente sería necesario clarificar en qué situaciones se requiere esta figura (por ejemplo, no debería ser obligatorio su presencia si no existe facturación de energía eléctrica por la recarga).

68 Coste de inversión unitaria estimada: electrolinera de dos postes: 120.000 euros; poste de recarga en vía pública: 12.000 euros.

- ♦ Establecer incentivos a la instalación de puntos de recarga en zonas de aparcamientos propiedad de agentes privados o 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 de la infraestructura** 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 empleo de métodos de pago estándar para el usuario y para las compañías que quieran proveer este servicio (por ejemplo, pago con tarjeta de crédito o a través del móvil), evitando barreras derivadas de la complejidad del intercambio de información entre agentes o equipos.
- ♦ Simplificar los trámites administrativos con municipios, Comunidades Autónomas, las 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 puntos de recarga por parte de diversos agentes (por ejemplo, agentes del sector terciario como hoteles, centros comerciales, centros de ocio, etc.), y la cesión de su gestión a compañías especializadas.
- ♦ Revisar la normativa relacionada con la recarga eléctrica en entornos residenciales para racionalizar los requisitos técnicos de las instalaciones (por ejemplo, considerar en el dimensionamiento de las instalaciones eléctricas los beneficios en gestión de la demanda aportados por el uso de sistemas de recarga inteligente).
- ♦ Modificar las tarifas eléctricas, **incrementando la discriminación horaria para que refleje adecuadamente los costes de acceso y uso de la red** por parte de los usuarios de recarga, incentive la recarga en horas en que la red está poco utilizada, y fomente la gestión de la demanda por parte de los consumidores y usuarios de vehículo eléctrico (ver Cuadro 45). También deben introducirse tarifas eventuales que permitan el contrato de un punto de suministro por un tiempo limitado, con el correspondiente recargo en el término de potencia. En cualquier caso, las modificaciones a las tarifas deben garantizar que no se discrimina entre usos de la energía y que se asegura la suficiencia económica del sistema.
- ♦ Desarrollar mecanismos y políticas públicas para que **la Administración asuma un rol ejemplarizante** en la adopción y compra de vehículos eléctricos para la renovación de los parques institucionales. Estos mecanismos y políticas irán dirigidas a vehículos de cero emisiones siempre que sea posible.

Cuadro 45: Ilustración de posible término variable de la tarifa con discriminación horaria alternativa a la tarifa actual



- Se define un periodo de punta, que son las horas del año con mayor congestión en la red de baja tensión (menos del 10% de las horas del año)
- Se define un periodo de valle, que son las horas del año con mayor congestión en la red de alta tensión (alrededor del 30% de las horas del año)
- Esta estructura de tarifas incentiva:
 - Consumo en horas con menor uso de la red
 - Desarrollo de puntos de recarga en vía pública y en puntos donde no existen otros consumos (plazas de garaje en inmuebles distintos a donde está la vivienda)

Nota: La tarifa modificada sólo sería válida para clientes con contador inteligente

Incrementar la discriminación horaria de las tarifas eléctricas para que reflejen adecuadamente los costes de acceso y uso de la red por parte de los usuarios de recarga, incentiven la recarga en horas en que la red está poco utilizada y fomenten la gestión de la demanda

- Desarrollar campañas específicas de promoción de la movilidad eléctrica en flotas y asociaciones gremiales dado su potencial en las grandes ciudades, por ejemplo, en taxis. Para ello, será imprescindible la colaboración de las administraciones locales para facilitar la implantación de puntos de carga rápida y ayudas adicionales a la adquisición de vehículos eléctricos.
- Establecer una estrategia para la transformación de la industria de fabricación de vehículos convencionales y sus industrias auxiliares con el objetivo de facilitar y fomentar la adaptación temprana de las tecnologías de fabricación de equipos para vehículos eléctricos, así como para incentivar inversiones en fábricas por parte de los grandes grupos internacionales. Esta estrategia también debe incluir un plan de formación para trabajadores de la industria para el desarrollo de nuevas capacidades.
- Desarrollar un plan específico para el desarrollo del autobús eléctrico en los centros urbanos:
 - Establecer el objetivo de que **el 100% de los nuevos autobuses urbanos** de las principales ciudades españolas **sean eléctricos para el año 2030**.
 - Fomentar el intercambio de conocimiento y capacidades entre empresas municipales de transporte para reducir el coste global de desarrollo de la movilidad eléctrica en el entorno municipal, mediante la creación de centros nacionales de pruebas de autobús urbano eléctrico donde los municipios de menor tamaño puedan participar, así como de organizaciones que promuevan la transferencia del conocimiento adquirido.
 - Establecer incentivos económicos a programas municipales de I+D relacionados con el desarrollo y la implantación de sistemas de autobús eléctrico urbano (por ejemplo, creación de líneas piloto, desarrollo de sistemas de recarga en ruta, etc.).



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

Durante el año 2014 se transportaron por el territorio español 211 mil millones de toneladas-km de mercancías, que supusieron unas emisiones GEI de 22 MtCO₂ equivalentes. De esta cantidad, el 95% (201 mil millones de t-km) se realizó por carretera, tanto por medio de vehículos de transporte pesado⁶⁹ como por medio de vehículos de transporte ligero. Los vehículos de transporte pesado (camiones) transportaron en

ese año 174 mil millones de t-km⁷⁰ de mercancías, de los cuales 45 mil millones de t-km correspondieron a trayectos internacionales, 74 mil millones de t-km a trayectos nacionales de más de 300 km de distancia y los restantes 54 mil millones de t-km a trayectos nacionales de menos de 300 km (ver Cuadro 46). Este tráfico pesado de mercancías emitió 16,7 MtCO₂ en el año 2014. Por otro lado, los vehículos de transporte ligero de mercancías transportaron 27 mil millones de t-km y emitieron 5,2 MtCO₂ en ese mismo año.

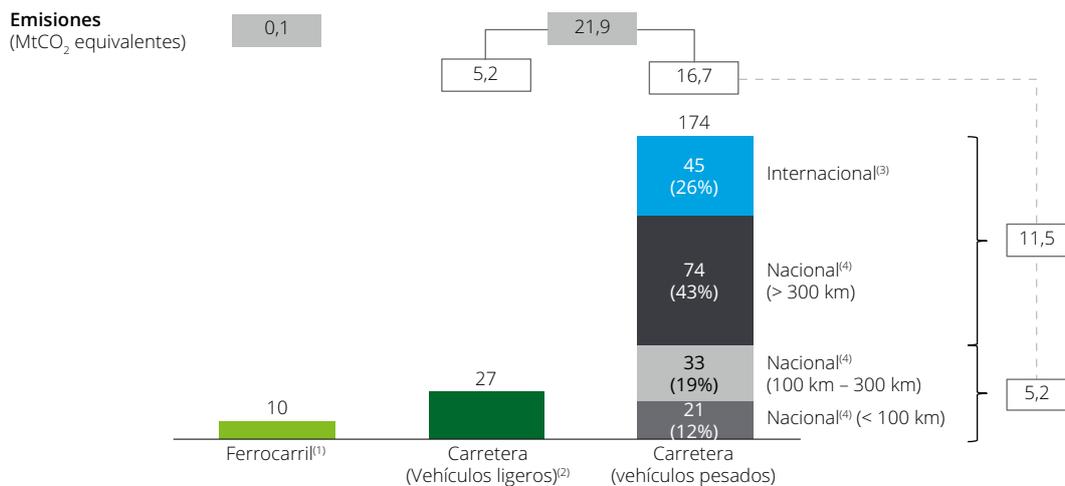


69 Transporte pesado hace referencia a transporte de cargas superiores a 3,5 toneladas, mientras que el transporte ligero se refiere a cargas inferiores a 3,5 toneladas.

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

Cuadro 46: Tráfico de mercancías por modo de transporte terrestre en 2014

(Miles de millones de toneladas-km)



- (1) En 2011 el ~50% de las mercancías fueron transportadas por locomotoras diésel que circularon por vías electrificadas.
 (2) Transporte con una capacidad de carga útil no superior a 3,5 toneladas. Se considera un consumo medio de 11 l/100km, una carga media de 1,5 toneladas y un factor de emisión medio de 287 grCO₂/km.
 (3) Tráfico internacional: se contabilizan únicamente las toneladas-kilómetro de trayectos internacionales recorridas en territorio español. Se consideran internacionales aquellos trayectos con el punto de origen o destino de la operación fuera de España. Incluye tráfico realizado tanto por vehículos españoles como por vehículos extranjeros.
 (4) Tráfico nacional: se contabilizan todas las toneladas-kilómetro de trayectos con tanto el punto de origen como el punto de destino en territorio español. Incluye tráfico realizado tanto por vehículos españoles como por vehículos extranjeros.
 Fuente: Observatorio del transporte en España; Encuesta Permanente del Transporte por Carretera 2014; Ministerio de Fomento; UNFCCC; análisis de prensa; análisis Monitor Deloitte

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

Existen diversos factores que están transformando el sistema logístico actual y las soluciones de transporte que lo integran. Cada uno de estos factores se encuentra en un estado de madurez distinto:

- **Desarrollos regulatorios y normativos en el marco de la Unión Europea.** La Unión Europea ha establecido normativas que limitan las emisiones de los vehículos de transporte de mercancías, tanto de gases de efecto invernadero como de elementos contaminantes. La normativa Euro VI o la normativa europea de emisiones de CO₂ para nuevos vehículos exige un incremento de la eficiencia de los mismos y una reducción de sus emisiones. La normativa Euro VI limita, en función de la carga y potencia del vehículo, las emisiones de elementos nocivos (CO, NO_x, HC) y partículas de los vehículos nuevos comercializados en la Unión Europea. En el caso de las emisiones GEI, la normativa europea⁷¹ de emisiones de CO₂ estipula para el año 2021 un límite de 147 gCO₂/km para la media de los vehículos ligeros de mercancías vendidos por cada fabricante.

De cara a su evolución futura, la Comisión Europea publicó en 2016 el documento “A European Strategy for low-emission Mobility”, en el que se avanza la ambición de definir estándares de emisiones más restrictivos que los actualmente vigentes.

- **Nuevos modelos de servicio y de gestión de la información.** El crecimiento del comercio electrónico está fomentando el incremento del transporte ligero de proximidad, así como la innovación en los sistemas logísticos. Esto se observa, por ejemplo, en el desarrollo de nuevos modelos de negocio como UBER Rush o Deliveroo (modelos donde cualquiera con una aplicación de móvil y un vehículo adecuado pueden realizar un transporte de última milla). Igualmente, se está produciendo un rápido desarrollo tecnológico en los modelos logísticos, impulsado por los niveles de calidad exigidos en los productos y servicios y por las nuevas tecnologías de gestión de la información. Esta tendencia se muestra, por ejemplo, en el mayor uso en aplicaciones logísticas de dispositivos tipo RFID (Radio Frequency Identification) o en los sistemas de análisis masivo de datos (Big Data).

71 Reglamento (UE) 253/2014.

Estos nuevos desarrollos permiten optimizar la función logística, incrementar la eficiencia del transporte de mercancías y reducir sus emisiones.

de tres elementos: el cambio modal a ferrocarril eléctrico de mercancías, el camión eléctrico y el camión de gas natural.

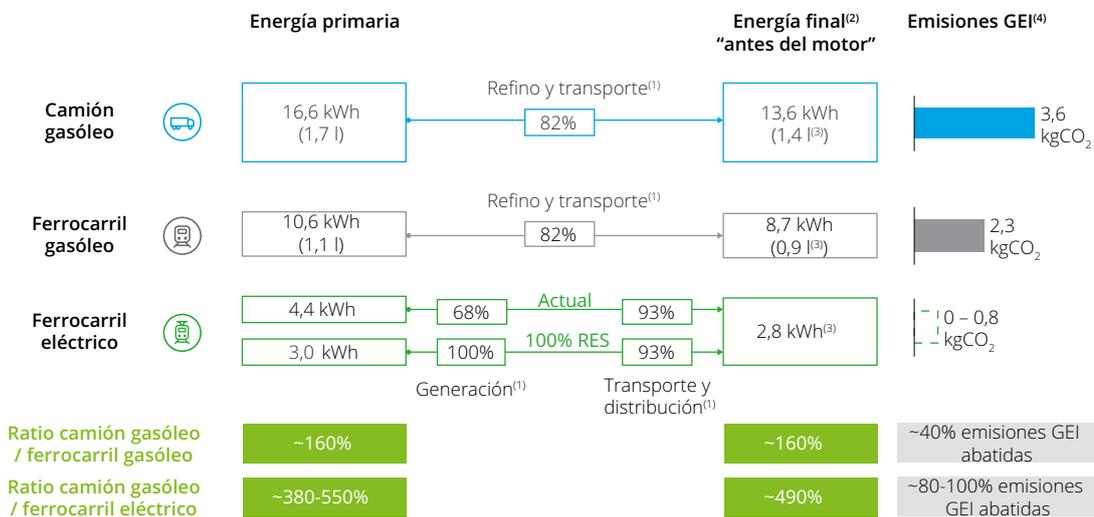
- **Desarrollos tecnológicos** en vehículos, como nuevos sistemas de conducción semi-autónoma (por ejemplo, el platooning, donde 4-5 camiones circulan por la carretera guiados por un camión tripulado en la cabecera), o sistemas avanzados de sensorización y conexión con plataformas de gestión (por ejemplo, sistemas que predicen fallos en el funcionamiento de los vehículos). Estos desarrollos permitirán una reducción del consumo energético y un incremento de la productividad de los activos. La ganancia de eficiencia redundará en un descenso de las emisiones.

- I. **Cambio modal a transporte ferroviario eléctrico de mercancías.** Supone el desarrollo de un modo de transporte de mercancías más eficiente y con menores emisiones que el camión pesado convencional. Esta actuación ha sido uno de los elementos básicos de las políticas de ahorro y eficiencia energética en el transporte de mercancías, ya que presenta tres ventajas principales:

- Permite el abatimiento completo de emisiones, en el caso de que se realice con una locomotora de tracción eléctrica y con un mix de generación eléctrica 100% renovable. Aún con el mix de generación actual, emite un 80% menos de emisiones GEI (por t-km transportada) que el camión pesado convencional (ver Cuadro 47).
- Posee un elevado grado de madurez y no requiere de ningún desarrollo tecnológico específico para su despliegue masivo.

Sin embargo, ninguna de estas tendencias permite asegurar la descarbonización necesaria del transporte de mercancías. Esto es debido a que estos producen una mejora de la eficiencia del transporte (sujeta a un límite tecnológico) insuficiente. El nivel de descarbonización requerido no puede alcanzarse mediante aumentos de eficiencia de los motores de combustión interna, sino que requiere sustituir el vector energético utilizado mediante la combinación

Cuadro 47: Mejora en eficiencia energética por el cambio modal de carretera a ferrocarril eléctrico (unidades/100 toneladas-km)



(1) Rendimiento en la transformación de energía
 (2) La energía final necesaria para desplazarse por un carril ferroviario es menor a la necesaria por un camión debido al menor rozamiento y a la mayor eficiencia del ferrocarril. Se omite la comparación de energía útil al no ser comparable entre los diferentes modos de transporte
 (3) Consumo unitario: camión pesado de 26t de carga: 36 l/100 km (1,4 l/100 t-km); ferrocarril gasóleo de 500 t de carga: 4,43 l/km (0,9 l/100 t-km); ferrocarril eléctrico de 500 t de carga: 14 kWh/km (2,8 kWh/100 t-km). En general, una locomotora diésel consiste en un motor diésel que alimenta un generador eléctrico, mientras que en una locomotora eléctrica consume directamente electricidad de la red (por ello los consumos de energía final de una locomotora diésel y una locomotora eléctrica no son equivalentes, al ahorrarse esta última las pérdidas energéticas derivadas de un motor de combustión interna)
 (4) Emisiones en función del mix de generación eléctrico
 Fuente: Observatorio de la logística en España; Observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera; Observatorio del transporte intermodal terrestre y marítimo; IDAE; análisis Monitor Deloitte

– Produce un incremento de la eficiencia energética de hasta 3,8-5,5 veces en el caso del ferrocarril con tracción eléctrica y de 1,6 veces en el caso de ferrocarril con tracción diésel (ver Cuadro 47), en ambos casos respecto al camión convencional. Además, los nuevos sistemas de gestión de tráfico ferroviario o de frenado regenerativo pueden contribuir a seguir mejorando la eficiencia de este modo de transporte con respecto al transporte por carretera.

Aunque la tecnología actual ofrece sólo tracción diésel y eléctrica, en los últimos años se están desarrollando diferentes proyectos para utilizar el gas natural como combustible para el transporte ferroviario. En España, diferentes compañías, entre las que se encuentra Renfe, están desarrollando un proyecto piloto para verificar la viabilidad técnica y económica del gas natural como combustible para el transporte ferroviario. Esta solución presenta ventajas medioambientales frente a las locomotoras diésel, por la menor emisión de elementos contaminantes y la menor contaminación acústica, pero produce una reducción de las emisiones de CO₂ menor que la tracción eléctrica.

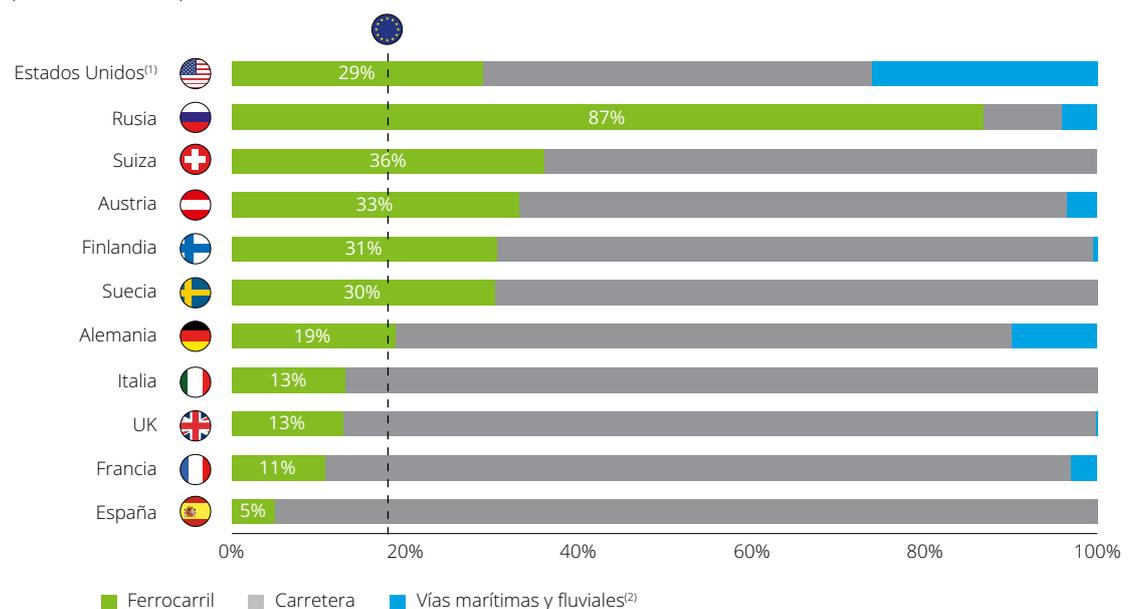
Debido a las ventajas que presenta el transporte de mercancías por ferrocarril, desde las diferentes Administraciones Públicas se han llevado a cabo

iniciativas para su impulso. A nivel europeo, estas iniciativas se han traducido en la introducción de políticas de impulso desde el año 2000 (por ejemplo, la liberalización del transporte de mercancías y otras medidas de fomento de la intermodalidad). En este marco, el Libro Blanco del Transporte incluye objetivos para el transporte de mercancías en Europa: que el 30% del transporte de mercancías en trayectos de más de 300 km se realice por ferrocarril y navegación fluvial para el 2030, y más del 50% para el año 2050.

En España, entre las iniciativas llevadas a cabo en los últimos años destacan el Plan Estratégico para el impulso del transporte ferroviario de mercancías (Ministerio de Fomento, 2010) o la Estrategia Logística de España (Ministerio de Fomento, 2013), así como la creación de diversos observatorios dependientes del Ministerio de Fomento, como por ejemplo el Observatorio del Transporte y la Logística en España o el Observatorio del Transporte Intermodal Terrestre y Marítimo. A pesar de estos esfuerzos, la penetración del transporte de ferrocarril de mercancías en nuestro país es muy inferior a la de otros países europeos. Por ejemplo, en Alemania el ferrocarril representa, expresado en t-km transportadas, el 20% del transporte de mercancías, en Italia el 13% o en Francia el 11%, mientras que en España supone únicamente el 5% (ver Cuadro 48). Además, su tendencia en los

Cuadro 48: Comparativa internacional de la cuota modal del transporte de mercancías por ferrocarril en 2014

(% toneladas-km)



(1) Últimos datos de cuota modal de Estados Unidos disponibles para 2011

(2) Vías continentales de transporte realizado por buques de más de 50 t, incluyendo vías marítimas, canales, ríos, lagos y vías de similar naturaleza. Únicamente para la países de la Unión Europea

Fuente: Observatorio del transporte y la logística de España; IEA; Eurostat; United States Department of Transportation; International Transport Forum; análisis Monitor Deloitte

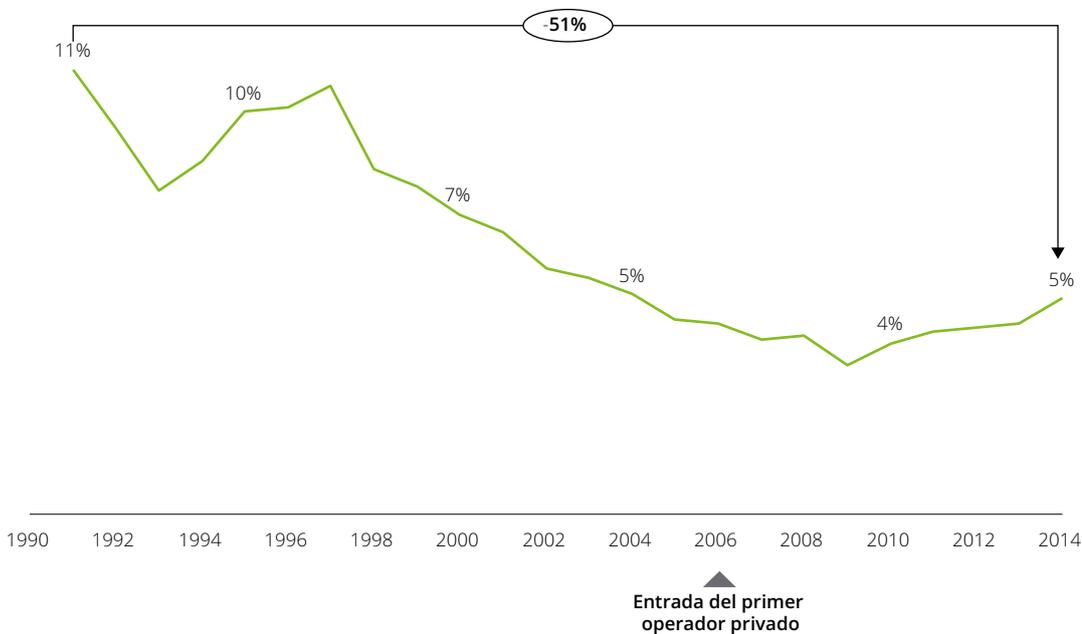
últimos años ha sido claramente negativa. En el año 1990 el ferrocarril transportó el 11% de las t-km totales, lo que supone que ha perdido la mitad de la cuota frente al transporte por carretera en los últimos 25 años (ver Cuadro 49). Asimismo, el tamaño del mercado del transporte ferroviario de mercancías, expresado como ingresos totales del sector, en euros constantes, se ha reducido a un ritmo anual de entre el 3 y el 4% durante los últimos 10 años.

La penetración del transporte de ferrocarril de mercancías en nuestro país es muy inferior a la de otros países europeos. Además, su tendencia en los últimos años ha sido claramente negativa: ha perdido la mitad de la cuota frente al transporte por carretera en los últimos 25 años

II. Camión eléctrico. La principal ventaja de este tipo de vehículos para el transporte de mercancías es que descarbonizan completamente el transporte, en el caso de que el mix de generación eléctrica sea totalmente renovable. Los camiones eléctricos, al igual que los coches eléctricos, suponen un incremento notable de la eficiencia energética: un camión eléctrico es hasta tres veces más eficiente que uno convencional comparable.

En el caso del transporte ligero de mercancías, la mayoría de los modelos eléctricos disponibles pueden satisfacer las necesidades diarias de gran parte de las flotas actuales (ver Cuadro 50) (el 70% de los vehículos de transporte ligero europeos

Cuadro 49: Evolución de la cuota modal de transporte de mercancías por ferrocarril en España
(% toneladas-km)



Fuente: Observatorio del transporte en España; análisis Monitor Deloitte

recorren menos de 100 km diarios⁷²). Actualmente, en España se comercializan vehículos eléctricos de mercancías para transporte de cargas de entre 600 y 1.000 kg y varias compañías están adoptando este tipo de vehículos para sus flotas de vehículos de transporte y distribución (por ejemplo, Seur, Correos, Pascual, Endesa o Aena) (ver Cuadro 50). Adicionalmente, existen proyectos europeos para el impulso de la adopción de vehículos eléctricos de mercancías ligeras, como por ejemplo, el proyecto FREVUE (Freight Electric Vehicles in Urban Europe). El objetivo de este proyecto es generar conocimiento sobre la electrificación del transporte de mercancías urbano, para definir posibles políticas que promuevan el uso de flotas de vehículos eléctricos.

En contraposición con la incipiente madurez del transporte ligero eléctrico de mercancías, el transporte pesado mediante camión eléctrico posee actualmente un desarrollo tecnológico y comercial muy inferior. En el mundo se comercializa actualmente un único modelo de camión pesado con tecnología eléctrica⁷³, con un precio de en torno a cuatro veces superior al de un camión convencional. Para este tipo de vehículos se están desarrollando nuevas soluciones tecnológicas, como por ejemplo la combinación de un motor híbrido y un sistema de alimentación eléctrica a través de pantógrafo (el motor eléctrico entra en funcionamiento cuando el vehículo está circulando por carreteras equipadas con catenaria), o nuevas tecnologías de almacenamiento de energía (celdas de combustibles de hidrógeno).

Cuadro 50: Modelos comerciales de vehículos eléctricos de transporte ligero de mercancías

Modelos comerciales de furgoneta eléctrica en el mercado

ILUSTRATIVO	Autonomía	Carga neta	Potencia
 Kangoo Z.E.	170 km	650 kg	70 kW
 E-NV200	170 km	770 kg	80 kW
 Berlingo Electric	170 km	695 kg	49 kW
 Daily Electric	250 km	1.000 kg	60 kW
 Partner Electric	170 km	685 kg	49 kW
 Vito E-Cell	130 km	900 kg	70 kW

Ejemplos ilustrativos de empresas con flotas eléctricas



(1) Vehículo eléctrico
Fuente: Renault; Nissan; Citroen; Iveco; Peugeot; Mercedes; Grupo Correos; análisis Monitor Deloitte

72 Guía del Vehículo Eléctrico II (FENERCOM, 2015).

73 Camión Nikola One de la compañía norteamericana Nikola Motor Company.

III. Camión de gas natural. Es una solución técnica y comercialmente madura en la actualidad. En España se comercializan varios modelos de camión pesado de mercancías propulsados por gas natural, tanto comprimido (GNC) como licuado (GNL), y ya se han matriculado más de 1.500⁷⁴ vehículos de este tipo. Sus principales ventajas son:

- El coste de adquisición de estos vehículos es similar al de un camión convencional (en función del modelo es igual o hasta un 10% más caro) y, considerando el menor coste del combustible, puede incluso ser más económico, en términos de coste completo. También existe la posibilidad de realizar una modificación de los vehículos convencionales ya existentes y adaptarlos al consumo de gas natural. Por un coste de 10-20 mil euros es posible adaptar un camión para que pueda usar gas natural sin necesidad de esperar al final de su vida útil.
- Reduce completamente las emisiones de SO_x y partículas, y un 40% las emisiones de NO_x.
- La utilización de gas natural licuado (GNL) como combustible ha eliminado la barrera de la menor autonomía, debido a su mayor densidad energética frente el gas natural comprimido. A día de hoy existen modelos en el mercado con una autonomía de hasta 1.500 km.

Estas ventajas (especialmente las relativas al coste y a la reducción de emisiones de elementos contaminantes) hacen especialmente atractivo este tipo de vehículos para su uso en zonas urbanas. La recogida de residuos urbanos, dónde la emisión de elementos contaminantes es un aspecto especialmente preocupante, es uno de los principales usos de este tipo de vehículos (el 55% de los vehículos de transporte impulsados por gas natural son vehículos de recogida de residuos).

A pesar de sus ventajas, esta tecnología presenta dos barreras para su desarrollo: una de corto plazo y otra de carácter estructural. Actualmente, existen unas 40 estaciones de gas natural accesibles al público, frente a las más de 10.000 gasolineras, por lo que en el corto plazo hay una escasez de infraestructura de repostaje. Por otro



74 Incluye camiones de recogida de residuos sólidos urbanos y vehículos de transporte pesado.

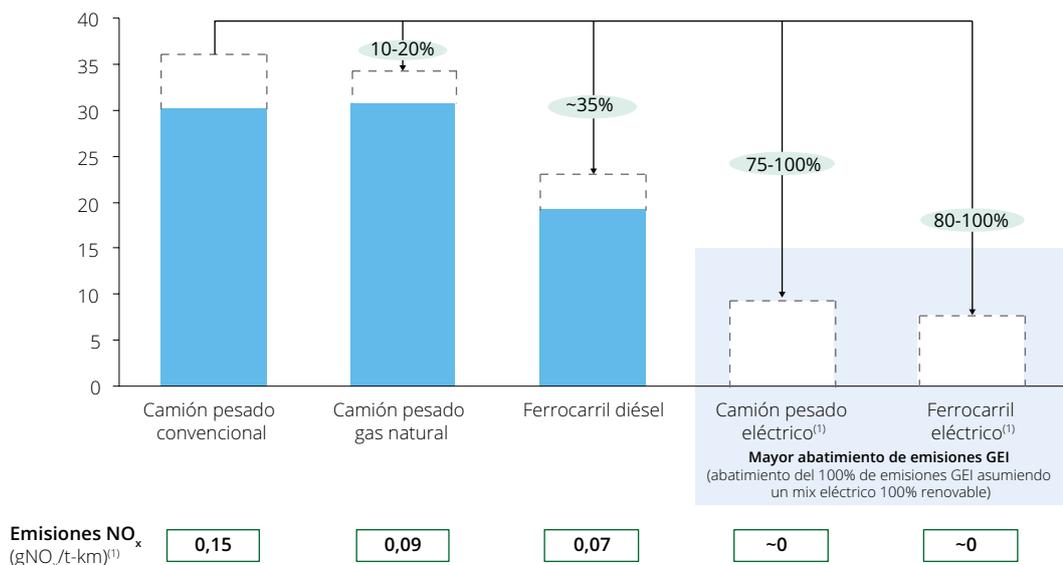


lado, el consumo de gas natural en motores de combustión interna no elimina las emisiones GEI completamente, ya que únicamente consigue reducir entre un 10 y un 20%⁷⁵ las emisiones de CO₂ respecto a un camión convencional comparable (ver Cuadro 51); es una barrera estructural propia del combustible.

Debido a todas estas características, el uso de vehículos de transporte pesado de gas natural licuado puede acelerar la descarbonización del transporte de mercancías en el medio plazo (hasta 2030), y facilitar la transición hacia otras tecnologías completamente descarbonizadas.

Cuadro 51: Emisiones de CO₂ según modos de transporte terrestres y tecnologías de propulsión

(gCO₂/tonelada-km)



(1) En función del mix eléctrico español
Fuente: Green Building Council España; Environmental Protection Agency; Gasnam; Observatorio de la logística en España; análisis Monitor Deloitte

El escenario planteado permitiría que el transporte de mercancías pasase de emitir los 22 MtCO₂ equivalentes del año 2014 a entre 15 y 18 MtCO₂ en 2050. Reducir las emisiones GEI hasta las 2 MtCO₂ requeriría de nuevas tecnologías que, a día de hoy, se encuentran en fase de desarrollo

⁷⁵ 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).

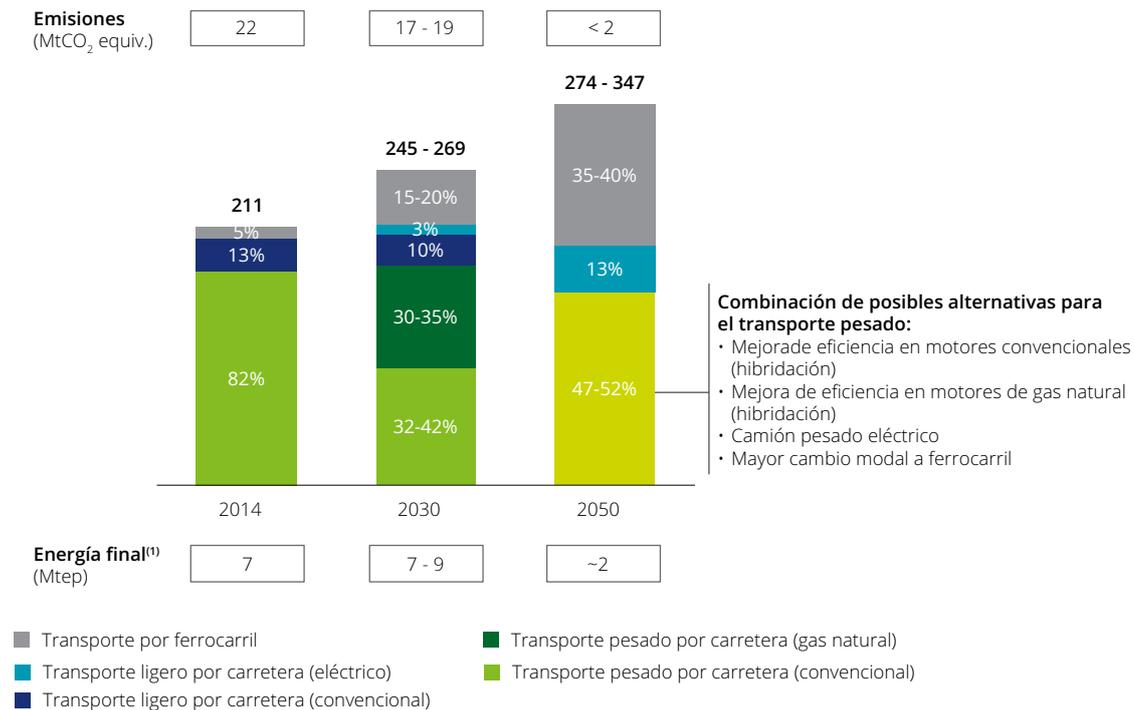
Para reducir el 50% de las emisiones es necesario multiplicar por cuatro el porcentaje de mercancías transportadas por ferrocarril en 2030 (y por ocho en 2050) y pasar a vehículo eléctrico la práctica totalidad del transporte ligero de mercancías

Conseguir el nivel de descarbonización requerido en el transporte de mercancías supondrá una importante transformación del modelo actual e impactará en el modo en el que los fabricantes, operadores, trasportistas, clientes finales y otros agentes de la cadena logística desarrollan sus operaciones. En particular, el escenario planteado permitiría que el transporte de mercancías pasase de emitir los 22 MtCO₂ equivalentes del año 2014 a entre 17 y 19 MtCO₂ en 2030, y a entre 15-18 MtCO₂ en 2050⁷⁶. Reducir las emisiones GEI hasta las 2 MtCO₂ necesarias en 2050 requeriría de nuevas tecnologías que, a día de hoy, se encuentran en fase de desarrollo (ver Cuadro 52).

- En el año 2030, entre el 15 y el 20% de todo el tráfico de mercancías en España se debería realizar por ferrocarril eléctrico, y en el año 2050 dicho valor debería alcanzar entre el 35 y el 40%. Esto supondría transportar por ferrocarril entre 37 y 54 mil millones de t-km en el año 2030 y entre 96 y 139 mil millones de t-km en 2050 (entre 9 y 14 veces más que la mercancía transportada por ferrocarril en la actualidad).

Los valores de penetración del transporte de ferrocarril a 2050 han sido estimados⁷⁷ como el potencial máximo que, en caso de desarrollarse las recomendaciones indicadas en este informe, se podría capturar. Este potencial máximo ha sido calculado partiendo del total de mercancías pesadas transportadas actualmente por carretera, clasificadas en función de la distancia de trayecto y del tipo de mercancía⁷⁸.

Cuadro 52: Evolución del tráfico de mercancías por modo de transporte y emisiones abatidas a 2050
(Miles de millones de t-km)



(1) A efectos de cálculo se considera la penetración del camión eléctrico a 2050.

Fuente: UNFCCC; Encuesta Permanente de Transporte por Carretera (2014); Observatorio de la logística en España; análisis Monitor Deloitte

76 Considerando un crecimiento del tráfico de mercancías entre 2014-2030 de 0,9-1,9% anual y en el periodo 2030-2050 de 0,8% al año hasta 2050. En un escenario sin ninguna actuación adicional a las ya existentes, las emisiones GEI del transporte de mercancías serían en 2030 de 26-28 MtCO₂ y en 2050 de 29-36 MtCO₂.

77 Para más detalle sobre el cálculo de este potencial ver anexo II.

78 Clasificación de trayectos: trayectos nacionales (menos de 100km, entre 100 y 300 km, entre 300 y 600 km, más de 600 km) e internacionales. Grupos de mercancías considerados: intermodal (contenedores), automoción, siderúrgico, alimentación y multiproducto.

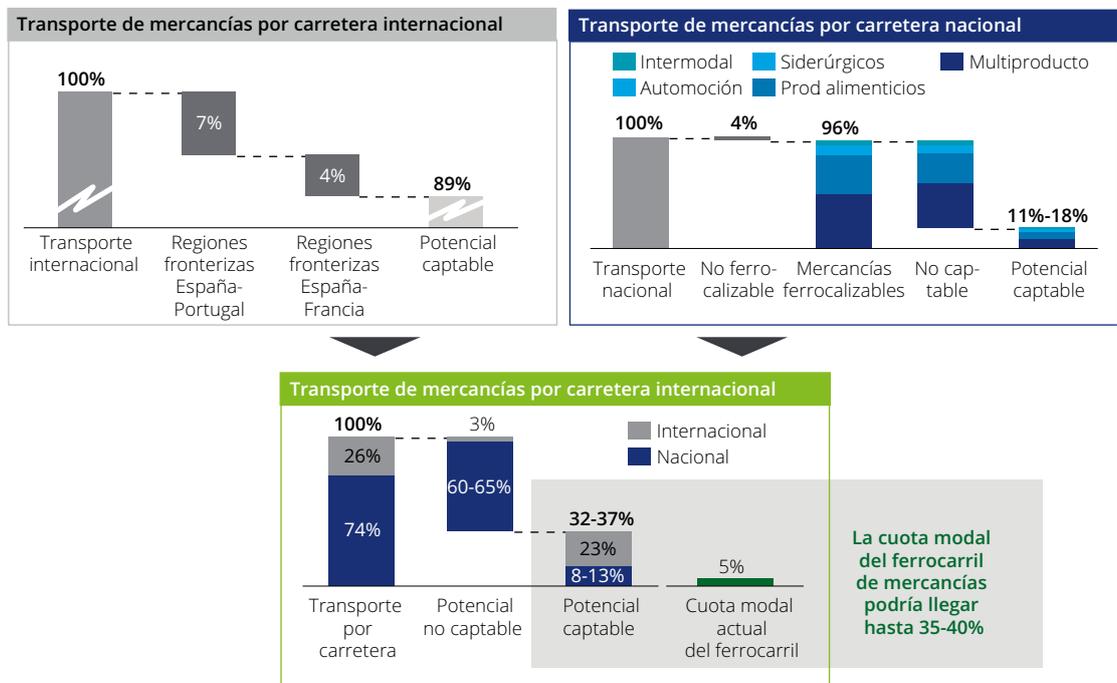
Para el tráfico nacional (el realizado entre dos puntos del territorio español), se han utilizado unos coeficientes de captación del transporte de mercancías por parte del ferrocarril, basados en las estimaciones realizadas por el Ministerio de Fomento en el documento “Estrategia Logística de España” y en entrevistas con expertos del sector (ver Cuadro 53).

Para el tráfico internacional, se ha estimado que la totalidad del tráfico es potencialmente ferrocarrilizable, a excepción de aquel con origen y destino en las zonas fronterizas (por ejemplo, el

transporte desde el País Vasco o Cataluña hasta Francia), que representa un 11% de todas las t-km transportadas por el territorio español (ver Cuadro 53).

- En el año 2030, el vehículo eléctrico ligero debería capturar el 3% del total del tráfico de mercancías (aproximadamente el 25% de todo el tráfico ligero) y transportaría entre 8 y 9 mil millones de t-km de mercancías. En el año 2050, este nivel de penetración debería alcanzar el 13% del total (más del 90% del tráfico de mercancías ligero), lo que implicaría que alrededor de 31-45 mil millones de

Cuadro 53: Estimación del potencial ferrocarrilizable del transporte de mercancías por carretera (% toneladas-km)



Fuente: Encuesta Permanente de Transporte por Carretera (2014); Observatorio del transporte fronterizo España-Portugal; Encuesta Transit; Ministerio de Fomento; Eurostat; análisis Monitor Deloitte

En el año 2030, entre el 15 y el 20% de todo el tráfico de mercancías en España se debería realizar por ferrocarril eléctrico, y en el año 2050 dicho valor debería alcanzar entre el 35 y el 40%, lo que supondría entre 9 y 14 veces más que la mercancía transportada por ferrocarril en la actualidad

t-km se efectuasen mediante este tipo de vehículos en dicho año. La penetración estimada para el camión ligero eléctrico es similar (en términos de porcentaje sobre el parque total) a la estimada para los coches eléctricos, debido al similar estado de madurez de ambas tecnologías.

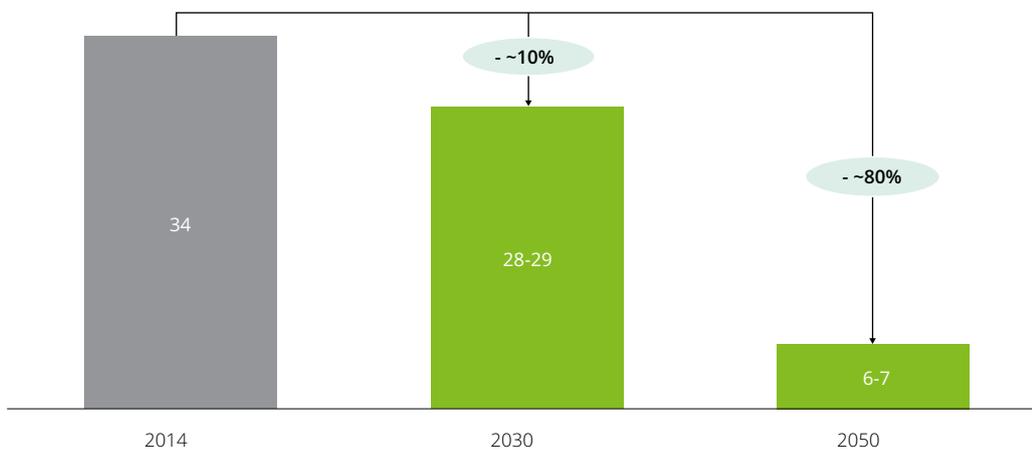
Si el ratio de carga de mercancía por vehículo se mantuviese constante, estos niveles de penetración implicarían que el parque de vehículos eléctricos ligeros se situase entre 1 y 2 millones en el año 2030 y entre 5 y 8 millones en 2050 (actualmente existe un parque de vehículos de transporte ligero de 4,5 millones de vehículos, lo que supone una media de unas 6 mil t-km por vehículo en 2014).

- En el año 2030, los camiones pesados propulsados por gas natural deberían transportar entre el 30 y el 35% del transporte de mercancías, lo que representaría entre 70 y 91 mil millones de t-km anuales por las carreteras españolas.
- En el año 2050, se debería alcanzar un desarrollo tecnológico que permitiese la descarbonización del 47-52% restante del total del transporte de mercancías (entre 137 y 176 mil millones de t-km en el año 2050). Este volumen agrupa prácticamente la totalidad del transporte pesado de mercancías que no puede ser transportado por ferrocarril, bien por motivos técnicos o bien por motivos económicos (por ejemplo, trayectos muy cortos, transportes muy poco regulares o urgentes). La tecnología (o tecnologías) necesaria para conseguir este transporte descarbonizado deberá ser desarrollada técnica y comercialmente hasta entonces. Entre las tecnologías en fase de investigación y desarrollo

destacan el camión híbrido o eléctrico, tanto en modalidad de batería como con pantógrafo, y el camión con celda de combustible de hidrógeno. También podría ocurrir que se alcanzase una mayor penetración del ferrocarril de mercancías que la estimada en el presente estudio (35-40%). Esto podría producirse gracias a un desarrollo tecnológico, o a un cambio regulatorio, que permita explotar nuevos trayectos o tipos de mercancías no considerados. También podría producirse un incremento muy pronunciado de la eficiencia energética en motores convencionales o de gas natural, que permitiese una reducción muy elevada de las emisiones (por ejemplo, mediante sistemas híbridos o reducción de peso de los vehículos). En cualquiera de los casos, aún no se puede predecir cuáles de estas tecnologías en estudio (o incluso otras no mencionadas) serán la que finalmente se desplieguen comercialmente.

Alcanzar los objetivos descritos implicaría, además de la descarbonización del transporte de mercancías en España, una relevante ganancia de eficiencia energética. Para el año 2030 se requeriría de media un 10% menos de energía final que en el año 2014 para transportar una t-km de mercancías, mientras que para 2050 esta reducción alcanzaría el 80% (ver Cuadro 54). En un escenario continuista, la energía final necesaria pasaría de los 7,2 Mtep utilizados en 2014 a 8,3-9,1 Mtep en 2030 y 9,3-11,8 Mtep en 2050. En el escenario considerado, la energía final utilizada para el transporte de mercancías pasaría a ser 7-9 Mtep en 2030 (reducción del 7-11% comparado con un escenario continuista) y alrededor de 2 Mtep en 2050 (reducción del 82-83% comparado con un escenario continuista).

Cuadro 54: Energía final media necesaria para transportar un millón de t-km medias de mercancías
(tep/1.000.000 t-km)



Fuente: Encuesta Permanente de Transporte por Carretera (2014); Observatorio de la logística en España; análisis Monitor Deloitte

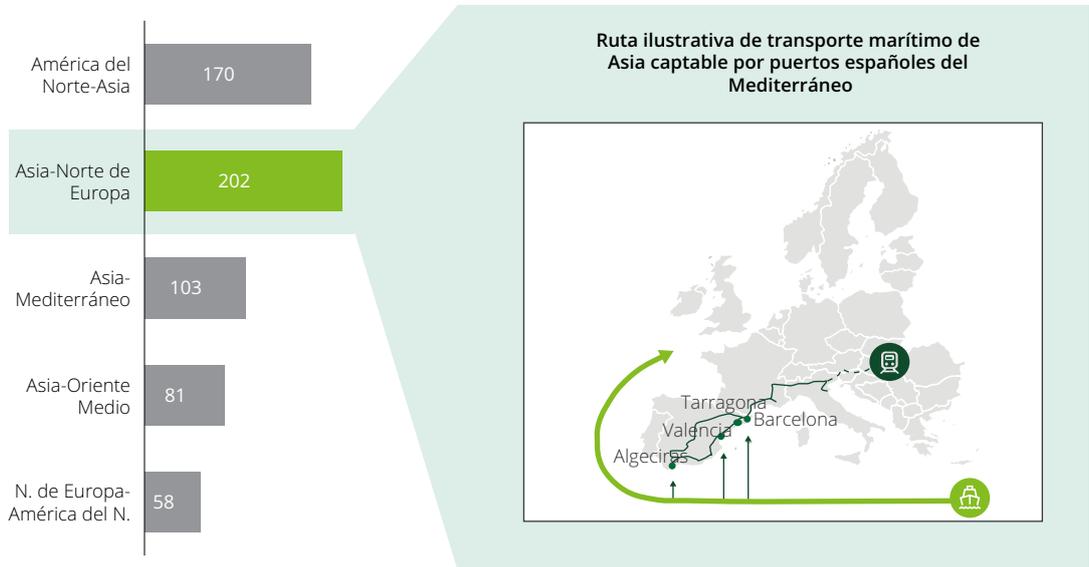
La mejora de la competitividad del transporte por ferrocarril en nuestro país, necesaria para conseguir capturar el nivel de tráfico de mercancías necesario, conllevaría una serie de beneficios para la economía española. Entre ellos cabe destacar:

- Reducción de los costes logísticos, especialmente en trayectos de larga distancia, como pueden ser las exportaciones de productos hacia países europeos que actualmente se realizan por carretera. Esta reducción del coste, en caso de trasladarse al precio final, aumentaría la competitividad de los productos exportados por la economía española. De este modo, se incrementaría la actividad económica asociada a su producción y transporte en el territorio nacional.
- Mayor tráfico en los puertos y en el sistema logístico español por la captación de nuevo tráfico de mercancías internacional con origen en los grandes centros de producción internacionales (principalmente Asia) hacia los mercados del centro y del norte de Europa. Actualmente, la mayoría de este tráfico de mercancías desembarca en los grandes puertos del norte de Europa (Rotterdam,

Hamburgo, Amberes) o en puertos mediterráneos con una mejor conexión logística con el mercado interior europeo (Marsella). Con la mejora de la competitividad del transporte por ferrocarril se conseguiría que fuese más económico para los operadores logísticos desembarcar las mercancías en los puertos españoles (evitando la travesía marítima hasta el norte de Europa) y transportarlas por ferrocarril hasta el centro y norte del continente. De acuerdo con algunas estimaciones⁷⁹, los puertos mediterráneos podrían captar hasta el 30% de todo el tráfico de mercancías proveniente de Asia que actualmente desembarca en los puertos del norte de Europa. Si se considera que un 50% de ese volumen podría ser captado por puertos españoles del Mediterráneo, las mercancías transportadas por ferrocarril en España podrían incrementarse entre 20 y 25 mil millones de t-km al año (ver Cuadro 55). La mayor utilización de las infraestructuras (ferroviarias, portuarias y logísticas) ayudaría a rentabilizar las inversiones necesarias para su desarrollo, además de generar actividad económica asociada al incremento del negocio logístico (puertos, sistema ferroviario e industrias auxiliares).

Cuadro 55: Principales rutas marítimas (este-oeste) en 2013

(millones de toneladas)



(1) En base a estudios realizados por autoridades portuarias, se considera que los principales puertos del Mediterráneo podrían captar 30% del tráfico marítimo proveniente de Asia y con destino a Europa. Para calcular el tráfico captable en España, se ha aplicado un porcentaje de captación basado en el tráfico actual de los principales puertos españoles con respecto al resto de principales puertos mediterráneos. Fuente: Maersk; World Shipping; Puerto de Barcelona; análisis Monitor Deloitte

79 Les potentiels de trafic ferroviaire de l'espace méditerranéen Franco Espagnol (FERRMED).

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 (5% en 2014, expresado en t-km) es consecuencia de una serie de factores que provocan que el transporte de mercancías por carretera sea más competitivo que el ferrocarril, tanto en términos de coste como de calidad del servicio.

El ferrocarril presenta limitaciones estructurales en comparación con la carretera, como la necesidad de transportar grandes cargas para aprovechar escalas o la necesidad de una planificación del tráfico. Para que el ferrocarril de mercancías se convirtiese en una alternativa más atractiva, sería necesario que sus precios fuesen más económicos que los de la carretera. Alcanzar estos valores requiere que el sistema ferroviario permita al ferrocarril de mercancías explotar sus economías de escala y su mayor eficiencia. Las principales barreras para el desarrollo del ferrocarril de mercancías en España son:

- A. El diferente **ancho de vía del sistema ferroviario español con respecto al resto de Europa** (1.668 mm de ancho ibérico vs. 1.435 mm) provoca que las mercancías que se transportan por ferrocarril hacia/desde Europa deban, o bien utilizar un vagón técnicamente preparado para el cambio de ejes, o bien cambiar de vagón en las estaciones fronterizas con Francia⁸⁰. Sin embargo, ninguno de estos dos sistemas es lo suficientemente versátil como para que puedan ser mayoritariamente utilizados por los operadores ferroviarios. Por una parte, el cambio de ejes solo puede ser empleado por vagones con esta tecnología que, hoy en día, únicamente posee el 1% del material rodante. Por otro lado, el transbordo de las mercancías (solución utilizada de manera mayoritaria) conlleva varios problemas, entre los que destacan:
- Un coste entre 4 y 14 euros por tonelada, que puede suponer un 25% de coste adicional en un recorrido de 400 km.
 - La inseguridad que al expedidor le genera la manipulación de sus mercancías por terceros.

- La necesidad de que exista disponibilidad de vagones suficientes en la frontera para hacer el transbordo completo y la dificultad de encontrar cargamentos que eviten recorridos en vacío en el viaje de retorno.

Esta situación genera un tiempo de espera y un sobrecoste que tiene un impacto relevante en la competitividad del transporte ferroviario entre España y el resto de Europa, y supone una barrera crítica para su desarrollo. Debido a esto, la mayoría de los operadores logísticos opta por transportar la carga por camión durante su trayecto por territorio español y realizar el cambio modal a ferrocarril en las estaciones francesas próximas a la frontera española.

La construcción de líneas con ancho internacional en nuestro país⁸¹ ha tenido un alcance muy limitado para el transporte de mercancías, ya que únicamente el tramo entre Barcelona y la frontera francesa, de unos 170 km de longitud, es apto para ser utilizado por trenes de mercancías. Los casi 2.000 km construidos entre Madrid y Sevilla, Barcelona, Valencia, León, etc. no están diseñados, por sus rasantes y su tecnología de operación y mantenimiento, para la circulación de trenes de mercancías. Adicionalmente, no disponen de enlaces con ningún tipo de apartadero industrial.

- B. Carencia de **infraestructuras clave y sistemas de planificación y gestión** que permitan explotar adecuadamente las ventajas del ferrocarril de mercancías:
- Las principales carencias en la infraestructura ferroviaria que afectan directamente al transporte de mercancías por ferrocarril serían los siguientes (ver Cuadro 56):
 - Falta de accesos adecuados a ciertos puertos marítimos, lo que impide un trasvase eficiente de la mercancía desde los buques o zonas de almacenamiento hasta el ferrocarril. Estos problemas pueden deberse a dos factores: la falta de la conexión adecuada de la vía férrea interior del puerto con las terminales (por ejemplo, en los puertos de Barcelona, Castellón y Sagunto) o una deficiente conexión de la red ferroviaria con el propio puerto. Esta última puede ser debida a la existencia de pasos a

⁸⁰ Portugal utiliza el mismo ancho de vía que España.

⁸¹ Derivado del desarrollo de la alta velocidad ferroviaria en España.

nivel que dificulten la circulación (por ejemplo, en los de Málaga, Villagarcía y Alicante) o bien a que la línea por la que deben transitar, para conectarse a la red estatal, se encuentre en un estado que no permita una circulación fluida y eficiente de trenes (por ejemplo, la línea Algeciras-Bobadilla, que conecta con el puerto de Algeciras, o el acceso a las nuevas terminales del Puerto de Barcelona).

- Insuficiencia de apartaderos ferroviarios en grandes polígonos industriales y centros de producción, así como de terminales logísticas intermodales⁸² que tengan la ubicación, las conexiones y la capacidad adecuadas. Esta insuficiencia requiere que, en caso de que se desee transportar una mercancía por ferrocarril, se necesiten acarrees⁸³ desde el punto de producción/consumo hasta la estación más próxima, lo que conlleva sobrecostes que reducen la competitividad del transporte por ferrocarril⁸⁴. Un ejemplo de insuficiencia de terminales logísticas adecuadas puede observarse en Madrid, en donde la principal terminal (Abroñigal) no dispone de capacidad suficiente para almacenar la mercancía que puede transitar. Esto obliga a muchos operadores a almacenar sus productos en los puertos y enviarlos a Madrid mediante transporte por carretera, o a trasladar su carga a un centro de almacenamiento temporal, dando lugar a mayores costes logísticos. Para subsanar esa falta de capacidad se han desarrollado otras terminales logísticas en la zona, lo que lleva a diversificar de modo ineficiente los potenciales destinos de los trenes.
- Falta de capacidad en las líneas de acceso y circunvalación a los principales centros urbanos para compatibilizar el tráfico ferroviario de pasajeros con el de mercancías, especialmente en las horas punta (más de 100 km, principalmente en Madrid, por ejemplo, líneas de Villalba y Aranjuez o Escorial-Chamartín, y Barcelona, por ejemplo, el tramo Castellbisbal–Martorell). Esta falta de capacidad, junto con la priorización del tráfico de pasajeros y de las operaciones de mantenimiento frente al tráfico de mercancías, pueden obligar a este último a permanecer detenido en apartaderos hasta 2-3 horas. Las consecuencias de esta situación son retrasos, tiempos improductivos de los recursos (locomotoras, vagones y personal de conducción) e incertidumbres sobre el cumplimiento de los horarios comprometidos. Estos impactos afectan al coste y a la calidad del servicio.
- Falta de líneas adaptadas a la circulación de trenes de 750 metros de longitud, que es la longitud típica de trenes de mercancías en otros países europeos y la requerida por la Comisión Europea para la Red Transeuropea de Transportes⁸⁵. El problema es la ausencia de apartaderos y de terminales logísticas que permitan la circulación de este tipo de trenes en España. Esta situación impide capturar las economías de escala (por mayor carga de mercancías por tren), especialmente en aquellos transportes de poco peso y elevado volumen que no requerirían el uso de dos locomotoras para transportar trenes de esta longitud (por ejemplo, el transporte de automóviles, especialmente relevante en nuestro país).
- A día de hoy, sólo la vía Madrid-Valencia permite el tránsito de trenes de dicha longitud, aunque con reservas: no se disponen de apartaderos suficientes para una circulación fluida. Para permitir la circulación de este tipo de trenes en la red básica de ferrocarriles⁸⁶, se estima que se requerirían apartaderos de 750 metros cada 30 km de línea, lo que implicaría la adaptación o desarrollo de alrededor de 60 apartaderos en la red básica de ferrocarril.
- Ausencia de catenaria electrificada en un 30%⁸⁷ de la red ferroviaria española. Esta limitación ha llevado a una parte de los operadores privados a operar con locomotoras diésel⁸⁸, incluso por

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

83 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.

84 Actualmente la inmensa mayoría del transporte por ferrocarril se realiza sin acarrees.

85 Conjunto de redes prioritarias de transporte planificadas para fomentar y facilitar el transporte de pasajeros y mercancías a lo largo de toda la Unión Europea.

86 Red de ferrocarriles que incluye las principales rutas de ferrocarril de mercancías con una longitud aproximada de 4.000 km.

87 Declaración sobre la red (ADIF, 2016).

88 Al ser agentes con menor tamaño deben poseer activos que sean capaces de operar diferentes rutas y las locomotoras diésel tienen flexibilidad para trabajar en vías electrificadas y sin electrificar.

Cuadro 56: Principales barreras de infraestructura existentes en el sistema ferroviario de mercancías español

Barreras de infraestructura	Implicaciones	
Distinto ancho de vía que en el resto de Europa 	Requiere cambio de ejes, trasbordo de la mercancía a otro vagón o cambio de modo de transporte en la frontera	Barrera crítica debido a su impacto en el transporte internacional
Falta de accesos adecuados a puertos marítimos 	Obliga realizar maniobras ferroviarias que ralentizan la operación y en algunos casos requiere de acarreos	
Falta de apartaderos industriales y terminales logísticas estratégicamente posicionadas y dimensionadas 	Requiere de acarreos hasta el punto de carga en la estación más cercana	
Falta de variantes en los alrededores de los grandes centros urbanos 	Impide la circulación de trenes de mercancías en horas punta de pasajeros, imponiendo retrasos y pérdida de productividad	
Falta de apartaderos dimensionados para la circulación de trenes de 750 metros o superiores 	Limita la longitud máxima de los trenes y por tanto la carga máxima que puede llevar un tren	
Falta de electrificación en vías férreas 	Obliga a las empresas ferroviarias a operar con máquinas diésel con una menor eficiencia y mayor coste de mantenimiento	
Falta de adecuación de gálibos 	Impide el tráfico de determinados tipos de producto en determinados trayectos	
Existencia de tramos con rampas superiores a 15 milésimas 	Exige mayor potencia de tracción (doble locomotora), lo que reduce la velocidad y por tanto la productividad	Derivado del diseño técnico de nuevas infraestructuras ferroviarias

Fuente: análisis Monitor Deloitte

vías electrificadas. El uso de locomotoras diésel conlleva mayores costes (tanto de consumo energético como de mantenimiento de locomotoras) y mayores emisiones.

- Falta de adecuación de los gálibos⁸⁹ de la red ferroviaria al transporte de camiones cargados sobre vagones especiales para poder implantar las denominadas “autopistas ferroviarias”, o de contenedores de gran tamaño (los denominados High Cube o Jumbo) que están utilizándose cada día más por parte de los operadores logísticos internacionales.
- Esta falta de infraestructuras clave está fundamentalmente derivada de una escasa inversión para conseguir adaptar la red ferroviaria y las infraestructuras logísticas a las necesidades actuales de los clientes en términos de flexibilidad, prestaciones, rutas y servicios. La red ferroviaria de ancho ibérico es prácticamente igual a la existente a principios del siglo XX cuando los transportes de mercancías eran muy diferentes a los actuales (por ejemplo, rutas de suministro de carbón a las centrales térmicas o a los altos

hornos en el norte de España). Sin embargo, con los niveles de inversión específicos para el desarrollo del transporte de mercancías (entre 50 y 150 millones de euros al año los últimos 4 años), no se puede acometer la modernización y la adaptación de la red al transporte de mercancías del siglo XXI.

- Escasa adaptación de la planificación y gestión del sistema ferroviario a las necesidades propias del transporte de mercancías:
- Existe una falta de consenso sobre el desarrollo de los corredores clave para el transporte ferroviario de mercancías: el corredor Mediterráneo (desde Algeciras hasta la frontera francesa con Cataluña pasando por Madrid o por la costa mediterránea) y el corredor Atlántico (desde Algeciras o Portugal hasta la frontera francesa con el País Vasco), que conectan puntos logísticos clave en España (grandes puertos internacionales, principales centros de consumo y producción, y la frontera internacional hacia Europa). Por ejemplo, para el desarrollo del corredor Mediterráneo se han realizado diferentes estudios e informes

89 Dimensión máxima de un vehículo que puede pasar por un túnel, por debajo de un puente, un paso elevado, etc.

a lo largo del tiempo, tanto por parte de Administraciones Públicas (Ministerio de Fomento, Comunidades Autónomas y Comisión Europea) como por parte de asociaciones privadas. En dichos estudios se proponen diferentes soluciones (modificar todo el trazado a ancho internacional o implantar un tercer carril en diferentes tramos, hacer una nueva línea entre Almería y Algeciras por la costa o impulsar la línea existente, fomentar las líneas de alta velocidad o las de tráfico de mercancías, etc.) y diferentes estimaciones de costes, en función del alcance incluido y de la solución adoptada (desde 30.000 a 100.000 millones de euros). Esto demuestra una falta de consenso técnico y político sobre la solución a adoptar, que limita la toma de decisiones eficaces y completas para impulsar estas infraestructuras.

- Se producen retrasos en la ejecución de las obras para algunas infraestructuras clave cuya inversión ya ha sido planificada e incluso aprobada hace más de 5 años, como por ejemplo, el tramo Tarragona-Vandellós en el Corredor Mediterráneo. Este tramo, de unos 30 km de longitud, es el único entre Barcelona y Valencia que no cuenta con una doble vía, y soporta un intenso tráfico de trenes de largo recorrido, regionales y mercancías.
- En algunas ocasiones, el diseño técnico de nuevas infraestructuras ferroviarias no ha considerado su impacto negativo en el transporte de mercancías. Se pueden citar como ejemplos:
 - » Construcción de tramos con rampas superiores a las óptimas para la circulación de trenes de mercancías (pero adecuados para el transporte de pasajeros) que le restan eficiencia, ya que obligan a reducir la carga que el tren puede desplazar en esos tramos o a utilizar doble locomotora. Ejemplos de estas infraestructuras con problemas desde su construcción podrían ser el ramal sur de Zaragoza o la nueva variante en Burgos.
 - » Construcción de líneas con tres sistemas de alimentación eléctrica a lo largo del recorrido, lo que requiere una locomotora que pueda funcionar con tensiones de alimentación diferentes (locomotoras tritensión). Un ejemplo de esta situación se da en la

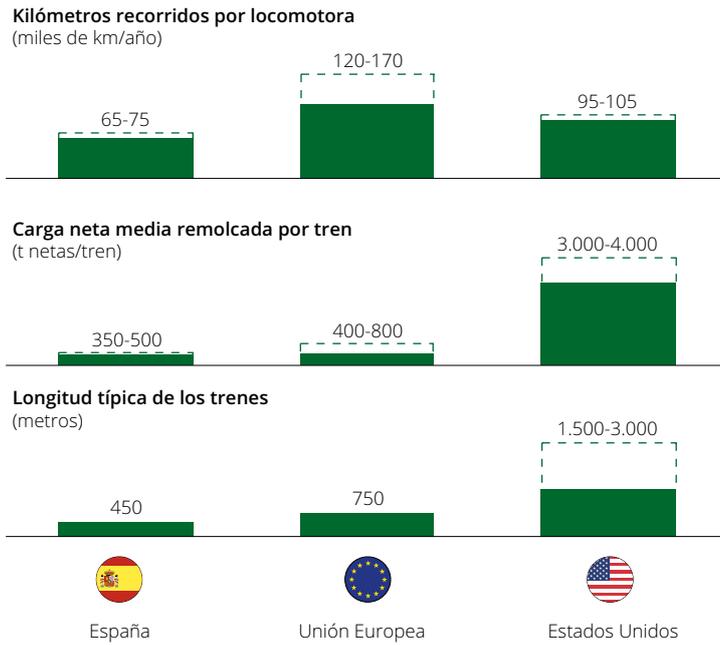
conexión desde Barcelona con el túnel ferroviario que conecta España y Francia (en ancho internacional). Solo hay un operador en España con este tipo de locomotoras, lo que dificulta la explotación de los trayectos internacionales a través de esta línea.

- La gestión y las condiciones de explotación de las terminales logísticas no están suficientemente alineadas con las necesidades del transporte de mercancías. Tanto los horarios como el calendario de apertura de las terminales no están adaptados a las necesidades de los operadores logísticos. Por ejemplo, 17 de las 75 instalaciones logísticas principales no están operativas durante el fin de semana y 14 de ellas no tienen servicio nocturno. Además, ninguna de estas instalaciones puede utilizarse sin el servicio del operador de la infraestructura ferroviaria (ADIF). Estas situaciones implican esperas para los trenes de mercancías y, por tanto, tiempo ocioso y falta de productividad.

La existencia de estas barreras limita la productividad de los recursos de los operadores ferroviarios españoles (locomotoras, vagones y personal) e incrementa de forma significativa los costes por t-km, lo que perjudica su competitividad. A modo de ejemplo, en España el recorrido medio de una locomotora de mercancías se sitúa entre 65 y 75 mil km al año, mientras que en otros países europeos, como Francia o Alemania, está en torno a los 120-170 mil km al año (ver Cuadro 57).

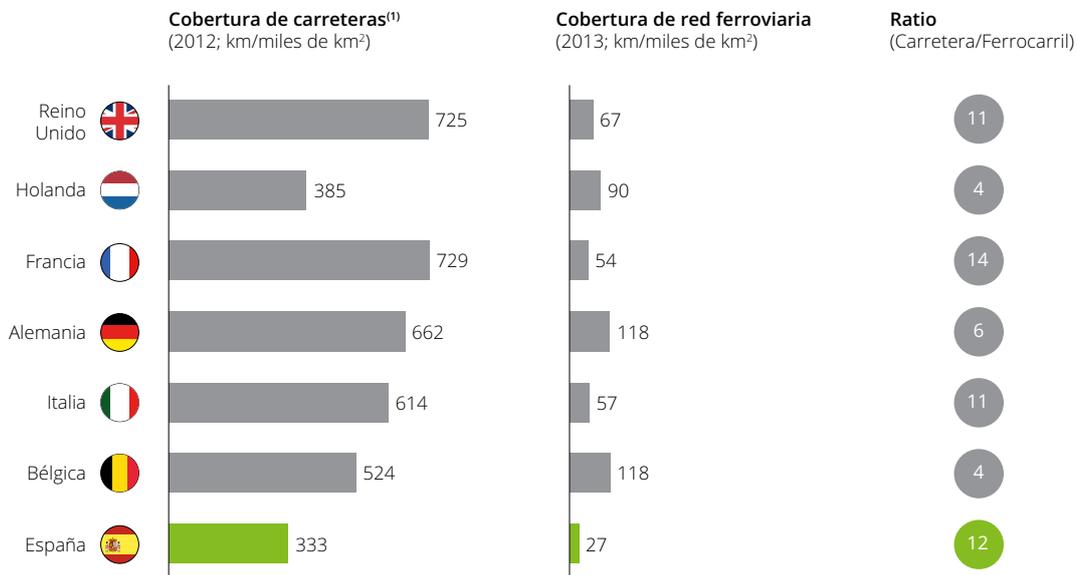
- C. Elevada competitividad del transporte de mercancías por carretera:** el transporte de mercancías por carretera en España presenta una serie de características que hacen que, para la gran mayoría de servicios, sea más competitivo que el transporte por ferrocarril.
- La carretera dispone de una red más capilar que el ferrocarril (~12 veces más km de red por km² de superficie en España, mientras ese ratio es de 6 veces en países como Alemania; ver Cuadro 58), lo que permite llegar a centros de producción y de destino de una manera más directa y flexible. Además, el transporte por carretera permite modificar la ruta inicialmente prevista mientras que este tipo de alteraciones es mucho más difícil en el transporte ferroviario.

Cuadro 57: Comparativa internacional de productividad del material rodante



Fuente: Observatorio del Transporte Intermodal Terrestre y Marítimo; US Department of Transportation; entrevistas con expertos; análisis Monitor Deloitte

Cuadro 58: Comparativa internacional entre la cobertura de las carreteras y de las redes ferroviari



(1) Datos de cobertura correspondientes excluyendo "Otras carreteras" no comparables para cada uno de los países (p.ej. carreteras no pavimentadas)
Fuente: Banco Mundial; Comisión Europea; análisis Monitor Deloitte

– El grado de atomización del sector, compuesto principalmente por autónomos y por pequeñas empresas (el 56% de las empresas del sector no tiene ningún trabajador asalariado y el 85% de las empresas tiene menos de dos⁹⁰), genera unas condiciones de competencia muy duras (ver Cuadro 59). Este nivel de competencia presiona

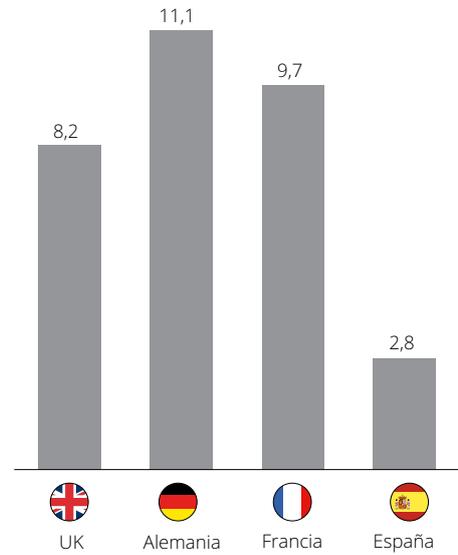
a la baja los precios finales, lo que resulta en actuaciones como la extensión de la vida útil de los activos (utilización de camiones de mayor antigüedad o kilometraje) o la reducción de los costes de personal de conducción. Esta situación lleva a una disminución significativa de los precios ofertados por este medio de transporte.

Cuadro 59: Indicadores de atomización del sector de transporte de mercancías por carretera en España

Empresas del sector del transporte de mercancías por carretera según el número de asalariados
(2015; número de empresas)



Ratio empleados por empresa
(2012; número de empleados por empresa)



Fuente: evolución de los indicadores económicos y sociales del transporte terrestre; Comisión Europea; análisis Monitor Deloitte



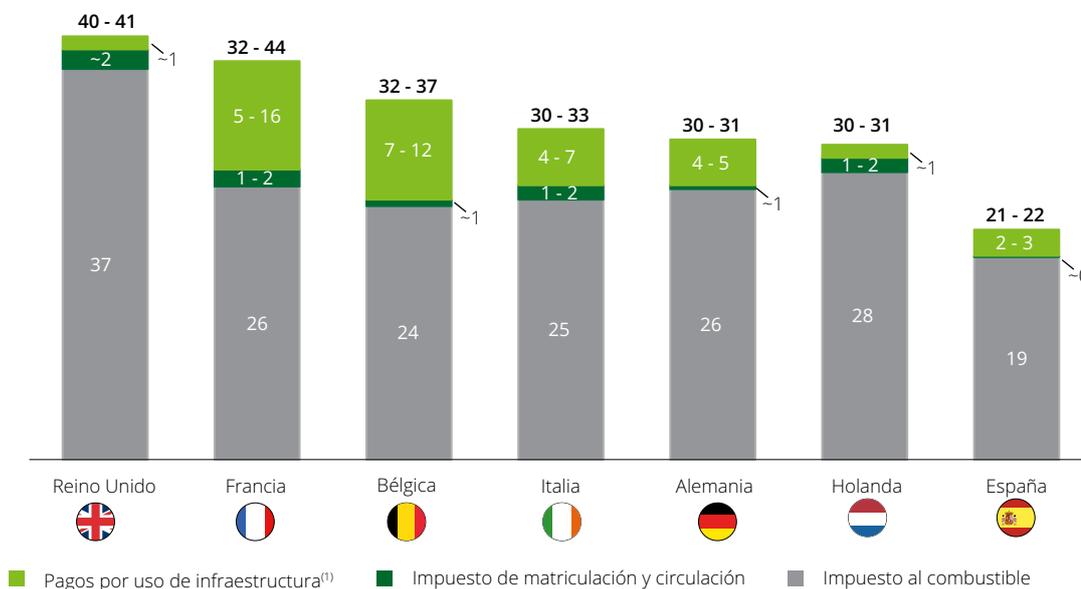
90 Evolución de los indicadores económicos y sociales del transporte terrestre (Ministerio de Fomento, 2015).

- Los impuestos y peajes aplicables al transporte de mercancías por carretera en España son de menor cuantía que en otros países europeos (Francia, Italia, Alemania, Reino Unido, Holanda y Bélgica). Para un vehículo tipo de transporte pesado de mercancías⁹¹, un transportista británico paga al año unos 20 mil euros más, y uno francés entre 10 y 20 mil euros más, que un español (ver Cuadro 60).
- De entre las partidas analizadas, la mayor, en términos de coste para el transporte de mercancías en España, son los impuestos sobre el consumo de combustible, que son los menores de entre los países analizados. Para un vehículo tipo, en la media de países analizados, el coste anual de estos impuestos es de unos 8.000 euros más que en España. En algunos países, como en el Reino Unido, esta diferencia es de hasta 18.000 euros al año.
- En el caso del impuesto de matriculación⁹², los vehículos pesados de transporte de mercancías

no están sujetos al pago del mismo en España. Sin embargo, en otros países, los transportistas pagan entre 2.000 y 2.500 euros por este concepto.

- El impuesto de circulación⁹³ también es significativamente inferior en comparación con los países analizados. En Madrid, una de las provincias con tarifas superiores a la media española, el impuesto de circulación es de casi 300 euros anuales, frente a 500 euros de Francia y Bélgica o 1.500-2.000 euros de Reino Unido y Holanda. Cabe destacar que en España pueden llegar a existir diferencias de incluso más del 400% en este tipo de tasas entre las distintas capitales de provincia.
- Por último, los pagos por uso de la infraestructura son, al igual que el resto de conceptos analizados, significativamente inferiores a los de los países analizados. En Europa existen principalmente dos tipos: peajes por circulación basados en la distancia

Cuadro 60: Comparativa internacional de los impuestos y pagos por uso de la infraestructura imputados al transporte de mercancías por carretera para un vehículo tipo
(miles de euros anuales por camión)



(1) Países con tarifas por distancia recorrida en carreteras de peaje: multiplicación de los km recorridos en un año por el porcentaje que representan las carreteras de peaje sobre los kilómetros totales de carreteras principales de cada país y por la tasa aplicada por cada kilómetro recorrido. Países con tarifas basadas en tiempo de utilización de la infraestructura: tarifas anuales a abonar por el vehículo tipo.
Nota: Estimaciones realizadas para un vehículo articulado de carga general, Euro V. Recorrido anual 120.000 km; Consumo 38,5 l/100 km; Carga útil 25 t. Se han incluido las exenciones fiscales aplicables.
Fuente: Comisión Europea; Transport & Environment; Eurostat; ERF; ACEA; páginas web de administraciones públicas de cada país analizado; análisis Monitor Deloitte

91 Vehículo articulado portacontenedores, recorrido anual de 120.000 km (85% del tiempo cargado), carga útil 25 t, consumo medio 38,5 l/100 km

92 Impuesto Especial sobre Determinados Medios de Transporte

93 Impuesto sobre Vehículos de Tracción Mecánica

recorrida (por ejemplo, en Francia o en España) o peajes en función del tiempo de utilización de las infraestructuras (por ejemplo, la conocida como Euroviñeta). La Euroviñeta, aprobada por la Directiva 2011/76/UE, está actualmente vigente en Dinamarca, Luxemburgo, Holanda y Suecia, y su cuantía depende del número de ejes del vehículo y de la clase de sus emisiones. El importe destinado a peajes por uso de la infraestructura⁹⁴ va desde los 5-16 mil euros anuales en Francia, 4-7 mil euros en Italia, 4-5 mil euros en Alemania o 2-3 mil euros en España, aunque estas cifras son meramente orientativas al tratarse de un concepto que depende en gran medida del tipo de trayecto realizado por el vehículo.

La Unión Europea identifica como uno de los principales retos para España la mejora de la fiscalidad medioambiental⁹⁵, y ha mencionado los reducidos ingresos por fiscalidad medioambiental de nuestro país (en 2014 España fue el tercer país de la Unión Europea, tras Lituania y Eslovaquia,

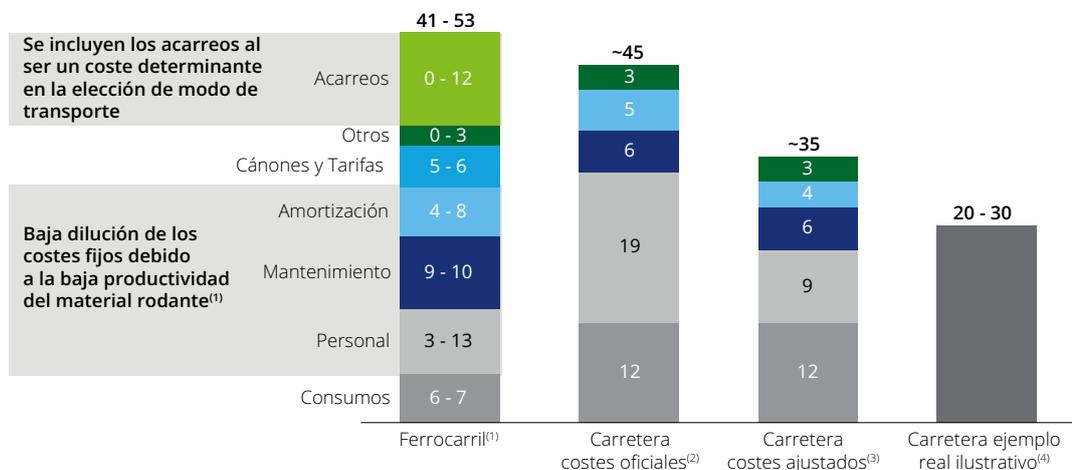
con menores ingresos por recaudación de impuestos medioambientales⁹⁶).

En el caso de que al transporte de mercancías pesada por carretera en España se le gravase en igual cuantía que la media de los países europeos analizados (tasas e impuestos destinados al pago del uso de las infraestructuras y externalidades medioambientales), se conseguiría recaudar entre 1 y 2 mil de millones de euros más que en el año 2015⁹⁷.

Como consecuencia de todas las barreras descritas, el coste del transporte de mercancías por ferrocarril es, en media, superior al del transporte por carretera. Este hecho imposibilita el cambio modal y la descarbonización del transporte de mercancías. Con los actuales ratios de productividad (recorrido anual de una locomotora: 65.000-75.000 km, productividad personal 10.000-40.000 km/año), el coste del transporte de mercancías por ferrocarril, con los posibles acarrees de la carga, se encuentra en torno a 41-53 €/1.000 t-km (ver Cuadro 61). Por su

Cuadro 61: Comparación económica entre el coste teórico del transporte de mercancías por carretera y por ferrocarril

(€/1.000 toneladas-km)



(1) Supuesto de 65-75 mil kilómetros anuales recorridos por locomotora; 350 t carga útil. Acarrees: 300 €/4 cargas de 25 toneladas. Otros: otros gastos de tráfico de mercancías según cuentas de resultados de Renfe Mercancías (p.ej. trabajos realizados por terceros); Cánones y Tarifas: importes de cánones y tarifas disponibles en la declaración de la red de ADIF 2016; Amortización: en base a una inversión total en material rodante de ~4-5 millones de €, una vida útil de ~25 años y valor residual del 10%; Mantenimiento: 3-7% sobre coste de adquisición; Personal: producción anual de 10-40 mil horas; Consumos: precio de diésel de 0,7 €/l y consumo en líneas con perfiles medios de 4,5 l/km
 (2) Elaborados a partir de las estadísticas oficiales del Ministerio de Fomento de un camión articulado portacontenedores de 26t
 (3) Modificación de las hipótesis del Ministerio: Salario total del personal: de 43 mil €/año (Ministerio) a 20 mil €/año; Período de amortización del vehículo: de 8 años (Ministerio) a 12 años
 (4) Ejemplo porte real Madrid-Barcelona
 Fuente: Observatorio del Transporte Intermodal Terrestre y Marítimo; análisis Monitor Deloitte

94 Países con sistema de cobro en base al tiempo de utilización: tarifa anual a abonar por el vehículo tipo analizado. Para países restantes: importe a pagar por kilómetro recorrido en carreteras de peaje multiplicado por km medios recorridos por este tipo de carreteras (km totales por porcentaje de km de autopistas totales del país que son de peaje).

95 Revisión de la aplicación de la política medioambiental de la UE (Comisión Europea, 2017).

96 En términos relativos.

97 Estimación realizada aplicando la media de tasas e impuestos por vehículo pesado en los países analizados al número total de vehículos pesados de mercancías en España.

parte, el coste teórico del transporte de mercancías pesadas por carretera (es decir, el calculado según los parámetros del Ministerio de Fomento para un camión tipo) se encuentra en torno a los 45 €/1.000 t-km⁹⁸. Sin embargo, los precios aplicados en la práctica se sitúan en torno a 35 €/1.000 t-km⁹⁹, e incluso hay situaciones concretas en las que los precios ofertados descienden a 20-30 €/1.000 t-km¹⁰⁰.

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

La penetración de los vehículos eléctricos para el transporte ligero de mercancías se enfrenta al mismo tipo de barreras que el vehículo eléctrico de pasajeros: menores prestaciones que los vehículos convencionales comparables y limitada disponibilidad de infraestructura de recarga. No obstante, estas barreras tienen una intensidad inferior que en el caso del coche eléctrico ya que, en la mayoría de los casos, los vehículos ligeros de mercancías son propiedad de empresas de flotas o de profesionales autónomos. Este tipo de vehículos tienen una mayor certidumbre sobre los trayectos que realizan y, normalmente, tienen mayor disponibilidad de espacio privado para el estacionamiento diario.

- Las diferencias de prestaciones entre los vehículos eléctricos y los vehículos convencionales ligeros de mercancías son menos relevantes que en el caso de los vehículos de pasajeros:
 - Los vehículos de transporte ligero eléctrico disponibles en el mercado tienen una autonomía de 150-250 km, superior a la distancia media recorrida diariamente en entornos urbanos por la mayoría de vehículos de este tipo.
 - Los ahorros en el mantenimiento y en el coste del combustible tienen generalmente un mayor peso en la decisión de compra de un agente empresarial que en la de un particular, lo que reduce la barrera de la mayor inversión inicial del vehículo eléctrico frente al vehículo convencional.
 - Aunque el tiempo de recarga es más largo que el de un vehículo convencional, la existencia de flotas con espacio particular de aparcamiento y la predictibilidad de las rutas reducen el impacto de esta barrera, pudiéndose planificar las recargas e interferir en menor medida en el uso del vehículo.

- La predictibilidad de las rutas diarias y la disponibilidad de espacio de aparcamiento privado hacen que la infraestructura de recarga de acceso público sea menos necesaria que en el caso del vehículo eléctrico de pasajeros.
- La mayor certidumbre sobre el tráfico de recarga de los vehículos de transporte de mercancías con respecto a los de transporte de pasajeros permite reducir el riesgo de recuperación de los costes de la infraestructura de recarga.

Recomendaciones para la descarbonización del transporte de mercancías

Para incentivar el cambio modal hacia el transporte de mercancías por ferrocarril, la Administración Pública debe desarrollar una apuesta decidida a través de dos vías principales: i) realizar las inversiones en infraestructuras, y los cambios necesarios en la planificación y gestión de las mismas, para conseguir aprovechar las ventajas económicas del ferrocarril e ii) imputar al transporte por carretera las externalidades medioambientales generadas y el coste del uso de las infraestructuras viarias. Las principales actuaciones a desarrollar en estos ámbitos serían:

- Desarrollar, en el horizonte de los próximos 15 años, una **ambiciosa planificación de inversiones en infraestructuras ferroviarias y de cambios en la planificación y gestión del sistema ferroviario** destinados, específicamente, al impulso del transporte de mercancías por ferrocarril. Esta planificación debe analizar, priorizar y cuantificar económicamente las actuaciones necesarias y dotar los medios necesarios para su desarrollo. Para conseguir una correcta implantación de dicho plan, es imprescindible que este cuente con un elevado consenso, tanto técnico político; una planificación de esta índole solo puede llevarse a cabo de modo efectivo con el compromiso a largo plazo de las diferentes Administraciones Públicas.

En esta planificación se debe incluir, de manera prioritaria, el **desarrollo en el corto plazo de los dos corredores fundamentales** para el impulso del transporte de mercancías por ferrocarril: el Mediterráneo y el Atlántico. Se debe realizar un plan específico, integral (que considere todas las variables posibles, como la evolución del tráfico de pasajeros), realista (que aborde las actuaciones imprescindibles y realizables en el corto plazo) y

98 Cálculo para un camión articulado portacontenedores: carga 26 t; recorrido 120.000 km/año; vida útil vehículo 8 años; salario total conductor 43.500 €/año.

99 Estimación realizada sobre los parámetros del Ministerio de Fomento, pero modificando: vida útil vehículo 12 años; salario total conductor 20.000€/año.

100 Estos costes se dan cuando el coste de oportunidad es no realizar ningún trayecto. En esos casos se prefiere reducir el precio ofertado y que este cubra únicamente el coste variable y un mínimo margen.

consensuado entre todos los agentes (Partidos Políticos, Administraciones Públicas, operadores ferroviarios, puertos, operadores logísticos, etc.) para cada uno de los corredores.

La dotación económica necesaria para las principales actuaciones detalladas a continuación, claves para el desarrollo del transporte de mercancías, se sitúa entre **10 y 17 mil millones de euros** (ver Cuadro 62) **para los próximos 15 años**, lo que supone una inversión anual entre 600 y 1.100 millones de euros (basándose en los análisis realizados por el Ministerio de Fomento¹⁰¹ en sus diferentes planes y en estimaciones propias basadas en entrevistas con expertos del sector). A esta inversión habría que añadir aquellas necesarias para continuar el desarrollo de la red general convencional de ferrocarriles, compartida por viajeros y mercancías.

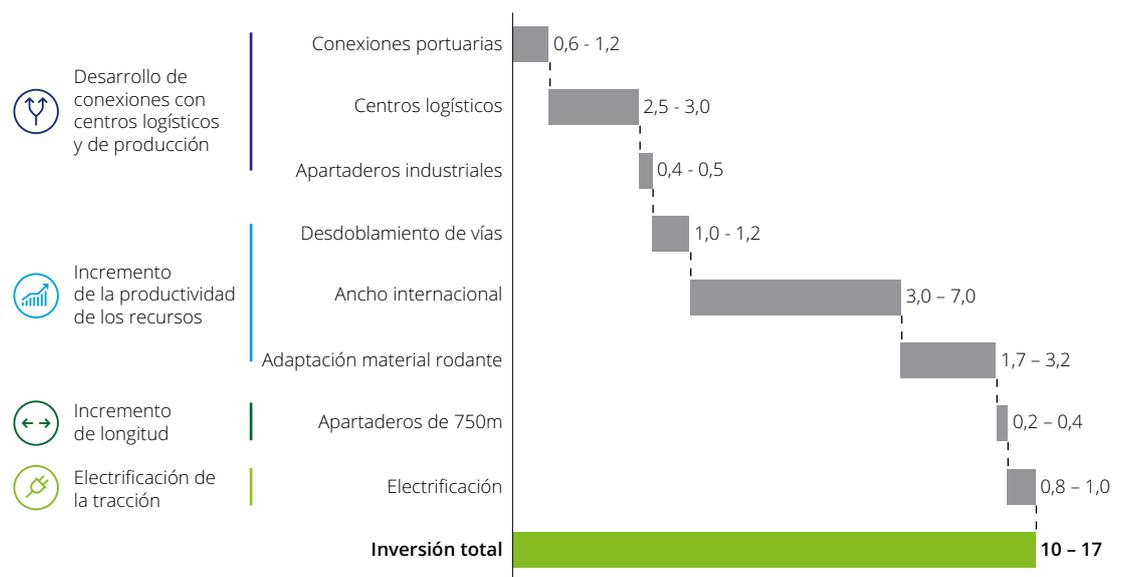
El principal objetivo sería lograr que el ferrocarril de mercancías consiguiese poner en valor sus ventajas y redujese su coste medio, desde los actuales 41-53 €/1.000 t-km hasta los 15-28 €/1.000 t-km (ver Cuadro 63), gracias a las siguientes inversiones:

- Actuaciones destinadas a reducir o eliminar las necesidades de acarreo de la mercancía desde el punto inicial o final del transporte hasta el propio tren, con la consiguiente reducción de coste y tiempo que esta operación conlleva. Estas actuaciones pueden suponer el ahorro de hasta en 12 €/1.000 t-km, que es el coste máximo estimado para los acarreos:

- ♦ **Completar y mejorar las conexiones de los principales puertos marítimos con la red ferroviaria general**, así como su infraestructura interna (conexiones ferroviarias con las

Cuadro 62: Inversiones en infraestructuras

(miles de millones de euros)

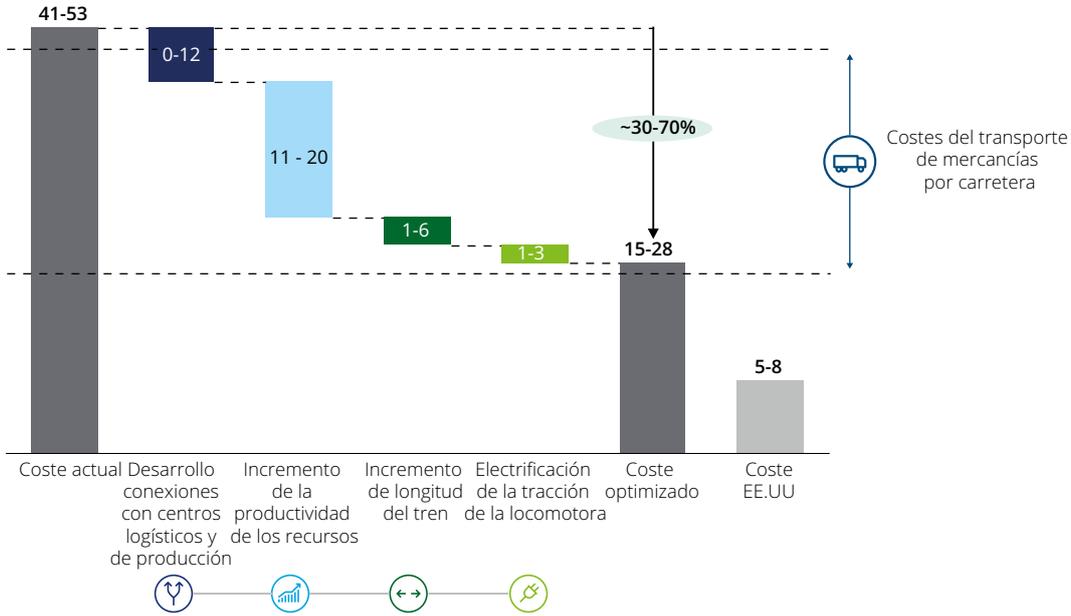


Fuente: Estudio de Estrategia Logística de España; Plan Estratégico para el Impulso del Transporte Ferroviario en España; entrevistas con expertos; análisis Monitor Deloitte

101 Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda 2012-2024 (PITVI); Estrategia Logística de España (2013); Plan Estratégico para el Impulso del Transporte Ferroviario de Mercancías en España (2010); Estudio del Corredor Ferroviario Mediterráneo (2011).

Cuadro 63: 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)



Fuente: U.S Department of Transportation; análisis Monitor Deloitte

terminales). La inversión necesaria para realizar estas adaptaciones, en los 13 puertos españoles identificados por el Ministerio de Fomento¹⁰², se situaría entre 600 y 1.200 millones de euros.

♦ **Desarrollar centros logísticos intermodales**

que cuenten con las conexiones ferroviarias, el equipamiento y las capacidades necesarias, especialmente en las proximidades de grandes centros de consumo, como ciudades principales o zonas industriales. Se debe analizar la centralización de terminales logísticas en aquellas zonas que dispongan de una mejor ubicación y conexión con la red ferroviaria, impulsándolas de modo decidido, en lugar de crear terminales de menor tamaño y más dispersas. Este impulso debe concretarse en una ampliación de la capacidad, tanto de recepción como de almacenamiento, así como en un incremento y modernización de la maquinaria utilizada. De acuerdo a las

estimaciones realizadas por el Ministerio de Fomento, se requeriría una inversión de entre 2.500 y 3.000 millones de euros para la construcción y adaptación de las terminales logísticas identificadas¹⁰³.

- ♦ Incentivar, mediante ayudas directas o incentivos fiscales, la **construcción de apartaderos ferroviarios** para los principales centros de producción y de consumo (grandes fábricas, polígonos industriales, etc.). Por ejemplo, en Alemania se subvenciona el 50% del coste de este tipo de infraestructuras. Los estudios¹⁰⁴ realizados han concluido que sería necesario una inversión total de entre 400 y 500 millones de euros.
- Actuaciones destinadas a incrementar la productividad de los recursos (locomotoras, vagones y personal), lo que posibilitaría una mayor dilución del coste fijo de los mismos (salarios, amortización, mantenimiento, etc.). Se estima que

102 Puertos identificados en el Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI): Alicante, Algeciras, Almería, Barcelona, Bilbao, Cádiz, Cartagena, Castellón, Coruña, Ferrol, Marín, Sagunto y Sevilla.

103 Identificación realizada por el Ministerio de Fomento en el Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI): 54 ubicaciones, incluyendo las principales ciudades españolas (Madrid, Barcelona, Valencia, Zaragoza).

104 Realizados en el Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI) y en la Plan Estratégico para el Impulso del Transporte Ferroviario de Mercancías en España.

se podrían incrementar los km recorridos por locomotoras y vagones en un 150%¹⁰⁵, y que los conductores podrían aumentar los km anuales de conducción en un 90-600%¹⁰⁶, y se conseguiría reducir el coste de transporte entre 11-20 €/1.000 t-km. Entre estas actuaciones destacarían:

- ♦ **Construir vías férreas adicionales** para el uso de los ferrocarriles de mercancías **en los accesos a las principales ciudades**. Esto evitaría las esperas que los trenes de mercancías deben realizar en horas punta mientras circulan con prioridad trenes de pasajeros, fundamentalmente de cercanías. Esta actuación requeriría el desarrollo de más de 100 km de nuevas líneas férreas, principalmente en los alrededores de Madrid y Barcelona, con una inversión estimada de entre 1.000 y 1.200 millones de euros, de acuerdo a las estimaciones realizadas por el Ministerio de Fomento.

- ♦ **Modificar los sistemas de planificación y gestión de las infraestructuras ferroviarias para enfocarlos a la explotación eficiente del transporte de mercancías**. Entre estas modificaciones se deben incluir:

- » Programar los intervalos de mantenimiento de la infraestructura ferroviaria para posibilitar la mayor circulación de ferrocarriles de mercancías.
- » Adecuar los horarios de funcionamiento de las terminales logísticas a las necesidades del transporte de mercancías, horarios de trenes y horarios de los transportistas responsables de los acarreos.

- ♦ **Adecuar el gálibo** de determinadas infraestructuras (túneles y pasos elevados) para permitir la circulación de las denominadas autopistas ferroviarias y de la nueva tipología de contenedores (High cube o Jumbo), que los operadores logísticos están comenzando a utilizar cada vez en mayor medida.

- Adecuar las líneas de transporte de mercancías para **posibilitar la circulación de trenes de, al menos, 750 metros de longitud**. Para conseguirlo, se deben alargar los apartaderos

existentes hasta dicha longitud, manteniendo una distancia entre ellos que permita conseguir una circulación fluida en la línea, y adaptar las terminales logísticas a este tipo de trenes. Esta actuación permitiría aprovechar en mayor medida las economías de escala del ferrocarril de mercancías y conseguiría aumentar la carga transportada por tren hasta un 50%, si bien podría ser necesario el uso de dos locomotoras para desplazar un tren de dicha carga. En consecuencia, se podría reducir entre 1 y 6 €/1.000 t-km el coste del transporte en casos concretos donde, debido al reducido peso de la carga, no fuese necesario el uso de doble locomotora. La inversión necesaria para adecuar la red ferroviaria sería de entre 200 y 400 millones de euros, lo que supondría la construcción de unos 100 apartaderos para adaptar los 4.000 km de la red básica a la circulación de trenes de esta longitud.

- **Electrificar toda la red ferroviaria** utilizada por los trenes de mercancías a un único estándar que permita la circulación de locomotoras de mayor potencia y que sea compatible con el sistema de alimentación eléctrica europeo (25 kV). Esta actuación consta de dos partes: por un lado, electrificar la totalidad de las líneas ferroviarias y, por otro, realizar las modificaciones necesarias para unificar el sistema de alimentación eléctrica. Esto permitiría el uso de locomotoras eléctricas en toda la red ferroviaria española, que se traduciría en una reducción de costes de entre 1 y 3 euros/1.000 t-km, derivado del menor coste de la energía (~30%) y del menor coste de mantenimiento de estas locomotoras (40-50%). Además, permitiría a los operadores ferroviarios acceder al mercado de locomotoras europeo¹⁰⁷ que, debido a su mayor tamaño, permite reducciones de coste por economías de escala. Se ha estimado la electrificación de unos 2.000 km de vía¹⁰⁸ con un coste unitario de 400-500 miles de €/km¹⁰⁹, lo que requeriría una inversión de entre 800 y 1.000 millones de euros. Esta electrificación debería acompañarse por una priorización de actuaciones (por ejemplo, conexiones a puertos marítimos relevantes aun sin electrificar), y posteriormente, por un calendario para la restricción del uso de locomotoras diésel en trayectos ferroviarios

105 Valor actual: 70.000-80.000 km/año. Valor incremento productividad: 160.000-180.000 km/año.

106 Valor actual: 10.000-40.000 km/año. Valor incremento productividad: 75.000 km/año.

107 Junto con la actuación de modificar el ancho de vía a ancho internacional propuesta posteriormente.

108 Líneas Valencia-Teruel-Zaragoza, Bobadilla-Algeciras, Moreda-Granada-Almería, Albacete-Cartagena/Alicante y Madrid-Caceres-Badajoz-Portugal.

109 Coste unitario de electrificar líneas, en base a opiniones de expertos.

completamente electrificados. Este calendario debe diseñarse para que no suponga una barrera a la competencia, y para que no impacte negativamente sobre la rentabilidad de las inversiones en material rodante ya realizadas por los operadores.

- **Implantar el ancho de vía internacional** en la red ferroviaria española. Esta actuación requiere un profundo estudio que permita su implantación progresiva en las principales rutas, ordenada y consensuada con los diferentes operadores ferroviarios. Asimismo, es imprescindible para conseguir operar competitivamente transportes internacionales de mercancías que, por sus largos recorridos, son especialmente adecuados para ser realizados por ferrocarril. Además se evitarían inversiones como por ejemplo, la implantación de tramos con el denominado "tercer carril"¹¹⁰ y los consiguientes problemas de explotación, tales como las complicaciones en los cruces de vías. De acuerdo a los estudios realizados¹¹¹, serían necesarios entre 3.000 y 7.000 millones de € para implantar este cambio en la red ferroviaria española.
- **Imputar al transporte de mercancías por carretera los costes de uso de la infraestructura y las externalidades medioambientales que genera**, a través de impuestos y tasas específicas (impuesto sobre combustibles, impuestos de matriculación y circulación y tasas por uso de la infraestructura). Esto se podría realizar mediante varios sistemas: incrementar los impuestos específicos sobre los hidrocarburos a transportistas, establecer un impuesto de matriculación y circulación, o crear mecanismos específicos para el uso de las infraestructuras viarias (por ejemplo, Euroviñeta).

Para alcanzar los niveles requeridos de penetración del camión eléctrico ligero se necesitan, al igual que para el desarrollo del coche eléctrico: un **sistema de incentivos a la adquisición de este tipo de vehículos por parte de empresas y de autónomos**, y un modelo específico de despliegue para la infraestructura de recarga asociada a este tipo de vehículos:

- Establecer una planificación específica para la penetración de vehículos eléctricos de transporte

ligero de mercancías, que incluya el **objetivo de penetración de 1 millón de vehículos de este tipo en 2030**:

- Definir **incentivos fiscales** para la incorporación de camiones ligeros eléctricos en las flotas de empresas logísticas y empresarios autónomos durante los próximos 5 años.
- Definir un **calendario para la retirada de vehículos de transporte ligero convencionales** en función de su antigüedad o emisiones, e incluir una fecha para la prohibición de sus ventas.
- Restringir progresivamente el tráfico de transporte ligero de mercancías por medio de vehículos convencionales en los núcleos urbanos a partir del año 2020.
- Desarrollar las políticas y los mecanismos para que la Administración Pública asuma un rol ejemplarizante en la adopción de vehículos eléctricos en la renovación de sus flotas.
- Desarrollar campañas específicas de comunicación y promoción de la movilidad eléctrica en el transporte ligero de mercancías en asociaciones sectoriales y gremiales.
- Establecer un **sistema de incentivos a la instalación de puntos de recarga rápidos** en lugares de elevada intensidad de tráfico de mercancías (por ejemplo, en polígonos industriales o grandes centros de distribución) o en espacios destinados al estacionamiento de flotas de compañías de transporte. Esta recomendación puede incluir el desarrollo de incentivos fiscales a la instalación de estas infraestructuras por parte de los gestores de los espacios físicos o de los propietarios de flotas. Además de los sistemas de incentivos específicos para este tipo de vehículos, las principales recomendaciones sobre el modelo de despliegue de la red de infraestructura de recarga descritos en el capítulo de descarbonización del transporte de pasajeros, serían también de aplicación. Entre ellas, cabe destacar:
 - **Ajustar la normativa sobre el acceso y la conexión a la red eléctrica** para la alimentación de la infraestructura de recarga, para que la nueva infraestructura necesaria, incluyendo la conexión

110 Línea que permite la circulación de trenes de ancho internacional y ancho ibérico, pero que presenta problemas de operación en los cruces y adelantamientos de ferrocarriles.

111 Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI) (Ministerio de Fomento) y entrevistas con expertos.



y el refuerzo de la red, sea responsabilidad de las empresas de distribución (incluyendo la inversión y la operación y mantenimiento), mientras que el poste o la estación de recarga sea un elemento propiedad de los operadores o promotores de la recarga.

– **Establecer una alternativa en caso de que el mecanismo diseñado no asegure el despliegue del volumen mínimo de infraestructura**

de recarga de acceso público específico para los vehículos de transporte ligero. Al igual que para la infraestructura de recarga de coches, el reconocimiento en la base de activos regulados del distribuidor (modelo DSO) presenta ciertas ventajas sobre otros modelos.

– Eliminar las barreras administrativas actualmente vigentes relacionadas con la figura del gestor de carga, como la necesidad de tener un objeto social relacionado con la compra y venta de electricidad 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, independientemente del operador.

– 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**, introduciendo nuevas tarifas con discriminación horaria, para que reflejen adecuadamente los costes de acceso y uso de la red de distribución por parte de los

usuarios de recarga: la recarga en horas en que la red está poco utilizada debería pagar tarifas de acceso muy bajas. También deben introducirse tarifas eventuales que permitan el contrato de un punto de suministro por un tiempo limitado, con el correspondiente recargo en el término de potencia. En cualquier caso, las modificaciones a las tarifas deben garantizar que no se discrimina entre usos de la energía y que se asegura la suficiencia económica del sistema.

El desarrollo transitorio del **camión propulsado por gas natural** requiere fundamentalmente del desarrollo de la red de repostaje adecuada, así como de una serie de incentivos que permitan la adopción inicial por parte de usuarios:

- Es imprescindible **establecer incentivos económicos a la construcción de puntos de repostaje de GNL**, tanto en los principales corredores de transporte por carretera como en instalaciones privadas donde repostan vehículos de flotas.

- Establecer **incentivos fiscales a la adquisición de vehículos de gas natural** o a la adecuación de motores al consumo de este combustible.

- **Desarrollar campañas de información entre colectivos** de transportistas sobre los beneficios del gas natural como combustible.

En lo que respecta a conseguir que para 2050 se desarrolle una tecnología que permita la descarbonización completa del resto de transporte de mercancías no transportadas en esa fecha por ferrocarril, serán necesarias actuaciones de promoción y apoyo a proyectos de I+D en este ámbito.

La reducción de emisiones de elementos contaminantes (NO_x , SO_x , etc.) por parte de los buques atracados es una actuación clave para restringir el impacto en las ciudades



Las emisiones de SO_x y NO_x en los puertos españoles equivalen a la circulación de millones de vehículos convencionales

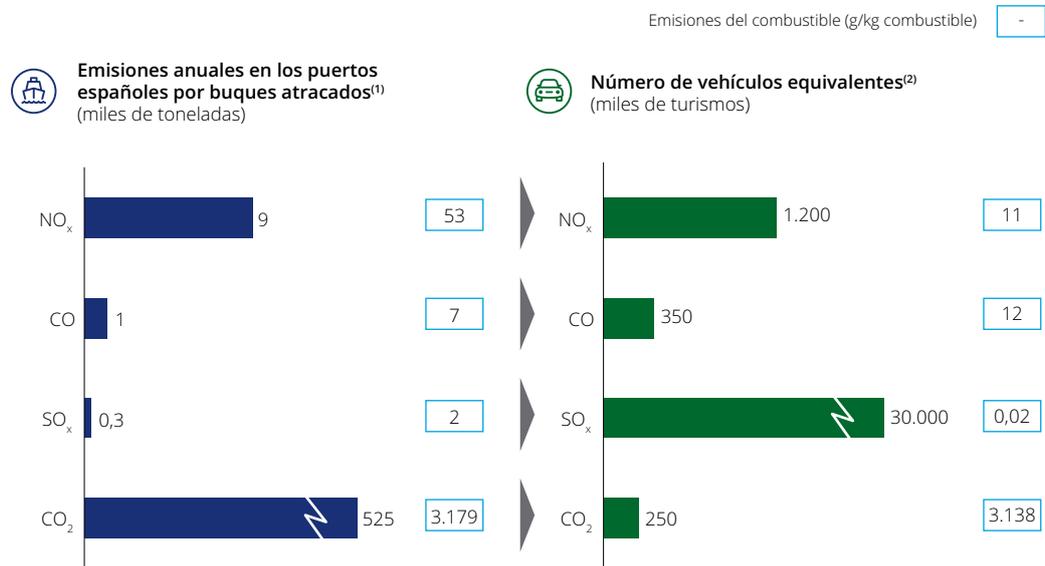
Durante el tiempo en el que permanecen atracados en puerto, los buques mantienen sus motores auxiliares en funcionamiento para generar la electricidad con la que alimentar sus consumos internos (por ejemplo, ventilación, iluminación, etc.). El consumo de combustible derivado de este proceso generó, durante el año 2014, unas emisiones aproximadas de 0,5 MtCO₂ equivalentes, 9.000 toneladas de NO_x (equivalente a las emisiones de 1,2 millones de coches), 300 toneladas de SO_x (equivalentes a las emisiones 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, tales como CO y partículas (ver Cuadro 64). El elevado volumen de estas emisiones de elementos contaminantes se debe fundamentalmente al combustible utilizado por los buques mientras se encuentran atracados: gasóleo marítimo con un contenido en azufre menor del 0,1%¹¹² (en algunos casos se usan otros combustibles más contaminantes con sistemas de tratamiento de gases de escape, conocidos como “scrubbers”). En comparación con el

gasóleo de automoción, el combustible que utilizan los buques emite unas 5 veces más NO_x y 100 veces más SO_x.

El funcionamiento de los motores auxiliares de los buques durante su atraque genera otro impacto negativo, la contaminación acústica. El nivel de ruido durante su funcionamiento (entre 90 y 120 dB, similar al de un martillo neumático en funcionamiento) puede impactar en la calidad de vida de la población cercana a las instalaciones portuarias.

Pese a que las emisiones GEI producidas por los buques atracados son relativamente bajas en comparación con las emisiones GEI de todo el sector transporte (0,5MtCO₂ de emisiones de buques, en comparación con 80 MtCO₂ del transporte), las emisiones de otros elementos contaminantes representan un riesgo para la salud de la población de los núcleos urbanos cercanos a los puertos. La Organización Mundial de la Salud ha determinado que la exposición continua a NO_x y SO_x genera graves problemas respiratorios y que existe una estrecha relación entre la exposición a altas concentraciones de partículas y el aumento de la mortalidad.

Cuadro 64: Emisiones anuales en España de buques atracados en puerto en 2014



(1) Incluye los puertos de interés general (puertos bajo gestión de Puertos del Estado)
 (2) Kilometraje anual medio utilizado de 14.000 km/año
 Fuente: Puertos de España; EMEP/EEA Emission inventory guidebook; UNFCCC; análisis Monitor Deloitte

112 Este combustible no suele ser, en general, el mismo que el utilizado durante la navegación ya que existe una regulación más restrictiva sobre el combustible permitido en los atraques en puerto.

En España, debido a que muchos de los principales puertos están cerca de zonas densamente pobladas, existe una gran cantidad de población potencialmente afectada por estas emisiones. En los alrededores de los diez puertos españoles con una mayor concentración de población en sus áreas de influencia¹¹³ (Barcelona, Las Palmas, Algeciras, Palma de Mallorca, Valencia, Santa Cruz de Tenerife, Cartagena, A Coruña, Vigo y Gijón) residen aproximadamente 3 millones de habitantes. Además, muchos de ellos se encuentran en las inmediaciones de puntos de interés turístico, con la consiguiente afluencia de visitantes y actividad económica asociada. En estos 10 puertos se emitieron en 2014 unas 6.000 toneladas de NO_x (equivalente a la circulación de 800.000 vehículos) y unas 200 toneladas de SO_x (equivalente a la circulación de unos 20 millones de vehículos, prácticamente equivalente al parque de coches de España).

El elevado impacto medioambiental que provoca el consumo de combustible de los buques (tanto atracados como en navegación) ha motivado el desarrollo de iniciativas internacionales dirigidas a su reducción. La primera de ellas fue el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación de los Buques (conocido como MARPOL) desarrollado por la Organización Marítima Internacional (OMI, organismo especializado de la ONU), que entró en vigor en 1983 y ha sido ratificado por 172 países. El anexo VI de este convenio se definió específicamente para la prevención de la contaminación atmosférica de los buques¹¹⁴. En este documento se establecieron límites para las emisiones de elementos contaminantes (SO_x y NO_x) en los escapes de los buques. Adicionalmente, se definieron las denominadas zonas de control de emisiones (zonas ECA)¹¹⁵ donde los límites son aún más restrictivos en relación con las emisiones de SO_x, NO_x y partículas, así como otras zonas de control de emisiones de azufre (zonas SECA¹¹⁶, en las que se establecen restricciones exclusivamente para la emisión de SO_x). Actualmente las zonas ECA comprenden las costas de Canadá y Estados Unidos, la zona costera de Hawái y determinadas zonas del mar Caribe, mientras que las zonas SECA son el mar Báltico y la zona del mar del Norte y el Canal de la Mancha. En futuras revisiones del Convenio MARPOL se contempla la posible inclusión del mar Mediterráneo, entre otras áreas marítimas, como

zona SECA y posiblemente en el futuro como zona ECA. Esta inclusión implicaría un incremento de las restricciones de emisiones y consecuentemente un mayor incentivo a la adopción de tecnologías alternativas de propulsión. Para limitar las emisiones de SO_x, MARPOL establece en 0,1% el contenido máximo de sulfuros que puede contener el combustible utilizado en las zonas restringidas; en el resto de zonas marítimas este límite es actualmente el 3,5% y será el 0,5% a partir del año 2020.

La Unión Europea también ha desarrollado normativa para la reducción de las emisiones contaminantes de buques:

- Directiva 2006/339, sobre el fomento del uso de electricidad en puerto por los buques atracados en puertos comunitarios. En ella, se recomienda a los Estados miembro considerar el suministro eléctrico en puerto para su uso por parte de los buques atracados¹¹⁷, así como estudiar el desarrollo de incentivos económicos para fomentar la adopción de este suministro eléctrico. En esta misma Directiva, se establecen estándares técnicos para las conexiones eléctricas para el suministro a buques atracados en puertos.
- Directiva 2012/33, por la que se modifica la Directiva 1999/32/CE del Consejo en lo relativo al contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo y se limita al 0,1% el contenido máximo de azufre en los combustibles utilizados por los motores auxiliares mientras los buques permanecen atracados en puerto. Asimismo, se indica que los Estados miembro deben incentivar el uso de sistemas de suministro de electricidad para los buques atracados.
- Directiva 2014/94, en la que se establece que los Estados miembro garantizarán la disponibilidad de infraestructura de recarga de combustibles para los buques atracados. La Directiva estipula que se debe garantizar la instalación de puntos de repostaje de GNL para el transporte marítimo en todos los puertos de la Red Transeuropea de Transportes, a más tardar el 31 de diciembre de 2020. Asimismo, establece que la necesidad de suministro eléctrico para los buques atracados en puerto sea evaluada en sus respectivos marcos de acción y que se

¹¹³ En un radio aproximado de 5 km del puerto.

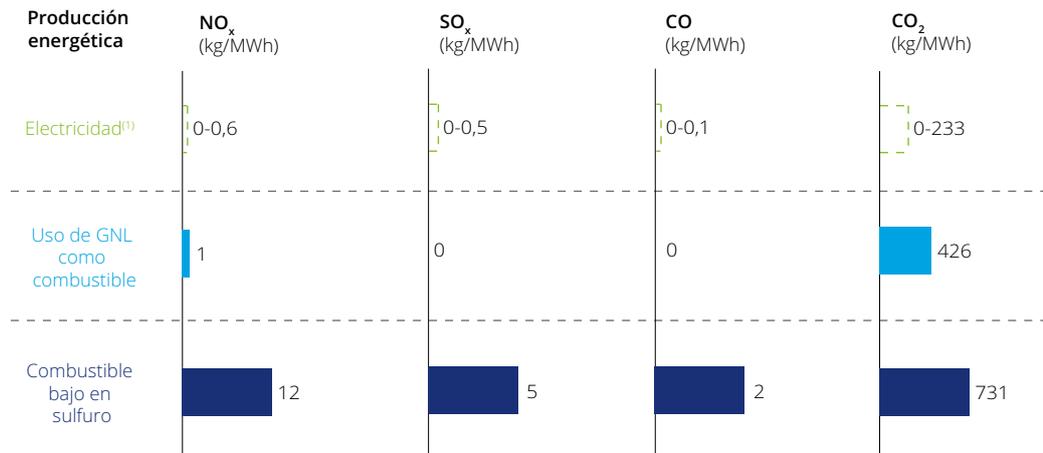
¹¹⁴ MARPOL está compuesto por 6 anexos, cada uno de los cuales está enfocado en prevenir un tipo de contaminación generada por el tráfico marítimo.

¹¹⁵ Emission Control Areas.

¹¹⁶ Sulphur Emission Control Areas.

¹¹⁷ Particularmente en los puertos donde se exceden los valores límite de calidad del aire o existe inquietud pública por los altos niveles de molestias acústicas y especialmente en amarres situados cerca de zonas residenciales.

Cuadro 65: Emisiones de las diferentes alternativas para proveer de energía al buque atracado en puerto



(1) Rango derivado del uso de generación eléctrica renovable o el mix de generación actual
Fuente: Puertos del Estado; Port de Barcelona; Norwegian Institute for Air Research; IDAE; Comisión europea; análisis Monitor Deloitte

instale, a más tardar para el 31 de diciembre de 2025, salvo en aquellos casos en que no existiera demanda y los costes fueran desproporcionados en relación con los beneficios, incluidos los beneficios ambientales.

- Directiva 2016/802, en la que se determina la reducción del contenido de azufre de determinados combustibles, entre ellos los destinados al consumo de buques.

Existen dos grandes alternativas para reducir las emisiones de buques atracados en puerto: usar gas natural o suministrar electricidad desde el puerto

Fundamentalmente existen dos alternativas (ver Cuadro 65) al consumo de gasoil marítimo durante el atraque para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de elementos contaminantes (NO_x, SO_x, CO y partículas):

- **Gas natural:** Su uso como combustible implica principalmente la modificación de los motores¹¹⁸ de los buques convencionales para permitir su funcionamiento tanto con gas natural como con gasóleo o fuelóleo, o la construcción de un nuevo buque preparado para el uso de gas natural o para una futura transformación. La mayoría de los buques optan por el uso del gas natural licuado (GNL) debido a la mayor densidad energética de este frente al gas natural comprimido (GNC), ya que ocupa un volumen entre 2,5 y 3 veces menor para la misma energía almacenada.

A día de hoy existen cuatro posibles sistemas de suministro de GNL a buques en puerto:

- Suministro mediante barcaza: Se realiza por medio de buques de suministro de GNL abarloados¹¹⁹ al buque. No se requieren instalaciones de almacenamiento para el GNL en el propio puerto siempre que el buque de suministro esté diseñado para navegar en mar abierto y exista un punto de almacenamiento relativamente cercano.
- Suministro a partir de una instalación fija (almacenamiento, tubería y muelle para carga): La longitud de la conducción necesaria entre los depósitos de almacenamiento y el buque es un factor condicionante, ya que debe permitir mantener la temperatura del GNL en los niveles adecuados.
- Suministro mediante camión cisterna: Se realiza a través de mangueras que conectan el buque con un camión cisterna. Presenta mayor flexibilidad, aunque proporciona menor caudal que otras modalidades. La demanda actual de GNL en puertos españoles por parte de buques se limita exclusivamente a suministros puntuales que se realizan con camiones cisterna.
- Suministro mediante contenedores móviles de GNL: Mientras el buque está amarrado, se descarga el contenedor vacío y se sustituye por otro previamente cargado de GNL. Los equipos e instalaciones para realizar este tipo de recarga

118 Proceso denominado retrofitting.

119 Buques situados de costado casi en contacto con otro buque, muelle, etc.

son muy similares a los existentes para la carga/descarga/manejo de contenedores normalizados de transporte de mercancía general.

Debido a las normativas internacionales de reducción de emisiones en zonas marítimas, el gas natural como combustible principal durante la navegación está siendo adoptado por un número cada vez mayor de buques. Esta transformación también permite al buque reducir las emisiones de elementos contaminantes cuando permanece atracado (si se adaptan los motores auxiliares, utilizados durante el atraque). Existen una serie de ventajas derivadas del uso de GNL:

- Reducción de emisiones de elementos contaminantes en atraque: En comparación con el gasóleo marítimo con un contenido en azufre menor del 0,1%, el gas natural no emite SO_x , CO ni partículas y reduce en un ~90% las emisiones de NO_x .
- Reducción de las emisiones de elementos contaminantes durante la navegación: Adicionalmente a la reducción durante el atraque, la utilización de motores propulsados por GNL implica la reducción de emisiones durante la totalidad de la ruta marítima. Su nivel de emisiones permite transitar por las zonas actualmente restringidas (zonas ECA y SECA), así como cumplir las futuras restricciones previstas.
- Reducción del coste de mantenimiento: la combustión más limpia reduce los gastos de operación y mantenimiento (por ejemplo, gastos de limpieza). Además, el motor de gas necesita una menor cantidad de aditivos y éstos suelen ser más baratos que aquellos utilizados en motores convencionales (por ejemplo, aceite lubricante).

- Exenciones fiscales: el uso de gas natural como carburante para la navegación está exento del impuesto especial de hidrocarburos (Ley 38/1992), lo que reduce sus costes de adquisición.

La adopción de GNL como combustible de propulsión marítima conlleva cierta complejidad técnica al tratarse de un fluido criogénico¹²⁰. No obstante, España posee una posición geográfica privilegiada para desarrollar este mercado de GNL, al situarse en un cruce de rutas marítimas relevantes y en un punto de convergencia entre el Mediterráneo y el Atlántico.

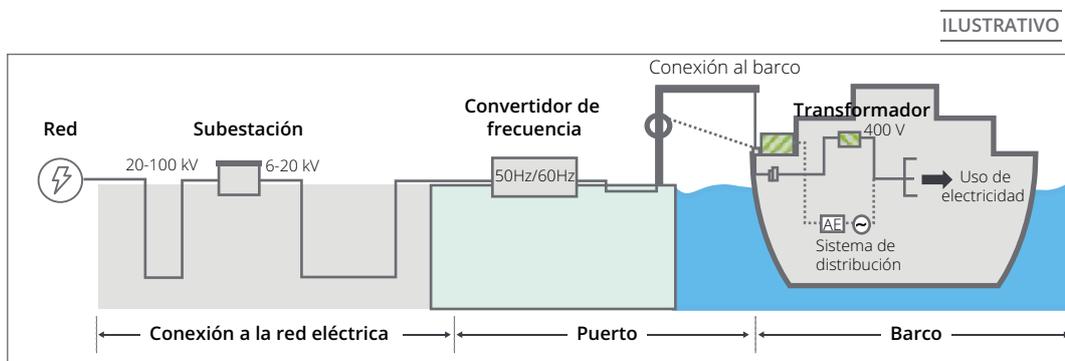
Pese a estas ventajas, el uso de gas natural como combustible no consigue la total descarbonización, ya que únicamente reduce, en comparación con el consumo de gasóleo marítimo con menos de 0,1% de azufre, entre un 25 y un 40% de las emisiones GEI.

- **Electricidad directamente suministrada desde el puerto al buque atracado:** Su uso precisa que haya una conexión entre el buque atracado y el puerto (en la tensión, potencia y frecuencia adecuadas al barco), así como una conexión con la red de distribución eléctrica. Con esta conexión los buques pueden abastecer sus necesidades energéticas durante el atraque sin utilizar sus motores auxiliares.

La posibilidad de utilizar esta fuente de energía por parte de los buques requiere tres tipos de infraestructuras eléctricas (ver Cuadro 66):

- Conexión del puerto con la red de distribución eléctrica cercana, compuesta por las instalaciones eléctricas (transformadores, subestaciones,

Cuadro 66: Esquema de inversiones necesarias



(1) AE hace referencia a motor auxiliar
Fuente: Comisión Europea; análisis Monitor Deloitte

120 Los líquidos criogénicos son gases que se mantienen en su estado líquido a temperaturas muy bajas. Estos gases se deben enfriar por debajo de la temperatura ambiente antes de hacerlos líquidos mediante un aumento en la presión.

sistemas de protección y aislamiento) que permiten el suministro eléctrico al buque (de acuerdo a los estándares internacionales de suministro eléctrico en alta tensión a buques atracados, es necesaria una tensión de alimentación de 6 kV o 11 kV). Por tratarse de consumos relativamente importantes, en muchos casos se puede requerir una nueva línea de alimentación (acometida) o una ampliación (refuerzo) de la ya existente o de la red de distribución que conecta con las instalaciones portuarias.

– Instalaciones en el puerto, compuestas de:

- ♦ Las infraestructuras necesarias para conducir la electricidad hasta los muelles donde se van a instalar las conexiones con los buques.
- ♦ Un convertidor de frecuencia de 50/60 Hz, ya que la mayoría de la flota internacional está preparada para utilizar una corriente eléctrica con una frecuencia de 60 Hz (estándar norteamericano) mientras que el suministro eléctrico en España se realiza a 50 Hz. Este convertidor no es necesario en caso de que los equipos internos del buque atracado (por ejemplo, máquinas o instrumentos) funcionen a la misma frecuencia que la del suministro eléctrico en tierra.
- ♦ Un sistema que permita la conexión física, cuyas características técnicas dependen del tipo de buque. En caso de que el tipo de buque y la configuración espacial del suministro sean siempre similares (misma posición de amarre, misma eslora, misma distancia a la toma, etc.) se puede instalar un sistema fijo, mientras que si existe heterogeneidad se necesitan sistemas flexibles, como grúas móviles o incluso barcasas.

– En los buques se requiere un sistema interno de transformación que convierta la tensión de conexión a una tensión que permita el funcionamiento de los equipos internos del buque, así como los diferentes sistemas internos (cableados, sistemas de control, etc.).

El consumo de electricidad por parte de los buques atracados presenta una serie de beneficios para el medio ambiente y para la calidad de vida de la población en las zonas de influencia de los puertos:

– Abate la totalidad de las emisiones GEI si la electricidad está generada con un mix renovable.

Aún con el mix eléctrico existente en España, la reducción de emisiones GEI sería del 60%¹²¹.

- Evita la totalidad de las emisiones de otros elementos contaminantes (NO_x, SO_x, CO y partículas) en el puerto, evitando así el impacto directo sobre la población cercana.
- Elimina completamente el ruido y las vibraciones generadas por los motores auxiliares.
- Incrementa el consumo de energía renovable en el sector del transporte para cumplir con el objetivo establecido por la Comisión Europea de que en el año 2020 al menos el 10% del consumo de energía final proceda de fuentes renovables¹²².

Pese a todas las ventajas que proporciona el uso de la electricidad para los buques, a día de hoy, la electricidad no es una solución viable para su utilización durante la navegación en la inmensa mayoría de los casos, y por tanto su uso queda limitado a los periodos en los que los buques permanecen atracados en los puertos.

Barreras para el desarrollo del suministro de gas natural a buques

Las principales barreras para el desarrollo del uso del gas natural en buques atracados son las siguientes:

- Barreras a la adaptación de los puertos al suministro de GNL a buques:
 - La inversión necesaria en infraestructuras de suministro es altamente dependiente del tipo de suministro que se desee realizar y de las infraestructuras gasistas ya existentes. Puede variar desde la adquisición de un camión de abastecimiento de GNL, hasta el desarrollo de una tubería de GNL desde una planta que pueda encontrarse en las proximidades del puerto.
 - El suministro de GNL en puertos conlleva una complejidad técnica mayor que en el caso de otros combustibles, al tratarse de un fluido criogénico (mayor complejidad en los equipos, sistemas y logística). Por ejemplo, en el caso de abastecer a buques mediante terminales de suministro, la distancia entre los depósitos de almacenamiento y el buque es un factor condicionante, ya que debe permitir mantener la temperatura del GNL en los niveles adecuados.

• Barreras a la adaptación de los buques al consumo de gas natural:

¹²¹ Factor de emisión del sector eléctrico español 2014: 0,27 gCO₂/kWh.

¹²² Se contabiliza la energía eléctrica generada con fuentes renovables.

- Las inversiones necesarias para adaptar o sustituir los motores convencionales de la flota existente son muy elevadas. Por ejemplo, aunque depende del tipo de buque, la inversión para realizar la adaptación de los motores puede llegar a ser de 14 millones de euros para un ferri y 7 millones para un carguero¹²³. La vida útil restante del buque y el porcentaje de tiempo que transite por zonas restringidas son los criterios de decisión de inversión más relevantes (la mayor parte de la flota que realiza modificaciones en motores son buques de escasa antigüedad, en los que existe mayor potencial para rentabilizar la inversión). Por otro lado, en caso de la adquisición de nuevos buques de propulsión con GNL el sobre coste está entre el 7% y el 10% frente a la alternativa de combustible convencional¹²³.
 - Existe una elevada incertidumbre sobre la evolución a futuro del precio del gas, otro de los factores determinantes para la decisión de inversión. Factores como, la evolución de las tecnologías de fracking, la demanda futura de productos petrolíferos o la volatilidad del precio del petróleo dificultan dar una señal clara a futuro a los armadores.
 - La instalación de depósitos de gas en los buques implica una pérdida de capacidad de carga, debido a que se requieren mayores volúmenes para la misma autonomía que con combustibles convencionales. Para obtener una autonomía equivalente a la proporcionada por 1 litro de gasóleo son necesarios 5 litros de GNC y 1,8 litros de GNL¹²³.
 - Para abastecer a portacontenedores se requeriría una potencia máxima de la instalación de alrededor de 4 MW, con un coste de inversión asociado de unos 1,5-3,5 millones de euros.
 - Para abastecer a cruceros se necesitaría una instalación de unos 9 MW de potencia máxima, con una inversión asociada de 2-4,5 millones de euros.
- Estos valores son altamente dependientes de las economías de escala (número de puntos de suministro por puerto o muelle) así como de la conexión con la red eléctrica ya existente, por lo que el valor de la inversión necesaria es muy variable en función del puerto.
- Con las condiciones actuales, el propietario del punto de suministro debe abonar el término fijo de la tarifa de acceso a la red eléctrica para la potencia máxima que necesite en función de los periodos en los que se demande la energía, ya que las posibilidades de gestión de la demanda de este consumo son reducidas. La utilización de la potencia máxima instalada del punto de suministro por parte de los buques es muy reducida. Por ejemplo, en el caso de los portacontenedores, el consumo medio durante el periodo mientras el buque permanece conectado a la red eléctrica es el 20% de la potencia máxima, debido a la baja relación entre la potencia punta y potencia media. Para conseguir rentabilizar la inversión es imprescindible una utilización del punto muy elevada por parte de los buques, tanto en uso de la potencia máxima, como en tiempo de uso de la instalación.

Barreras para el desarrollo del suministro eléctrico a buques atracados

La electrificación del suministro energético a buques atracados, a pesar de las ventajas descritas, se enfrenta a una serie de barreras:

- El coste de la inversión necesaria en los puertos es elevado y depende en gran medida de la instalación eléctrica existente en el puerto, de la red eléctrica cercana y de la potencia máxima requerida para alimentar a los buques atracados. Por ejemplo:
 - Para realizar una instalación que permita abastecer a un ferry o a un Ro-Ro¹²⁴, la potencia máxima necesaria de la instalación suele ser de aproximadamente 1,5 MW, que implicaría una inversión de unos 1,5-2,5 millones de euros.

El suministro eléctrico a buques atracados se enfrenta a barreras para su desarrollo: el coste de la inversión en el puerto y en el barco y la tarifa de acceso a la red eléctrica

¹²³ GASNAM.

¹²⁴ Acrónimo del término Roll On-Roll Off: buque que transporta cargamento rodado, tanto automóviles como camiones.

En estas condiciones, para conseguir rentabilizar la inversión completa del punto de suministro y recuperar los costes (incluyendo el coste de las tarifas de acceso, que suponen el ~40% de los costes totales), el precio al que debería suministrarse la electricidad a los buques atracados estaría entre 190 y 360 €/MWh, en función de la utilización, del tipo de instalación y del tipo de buque. Este rango es superior, en términos generales, al precio de 235 €/MWh del gasóleo marítimo con 0,1% de azufre (ver Cuadro 67), medido en términos de energía final.

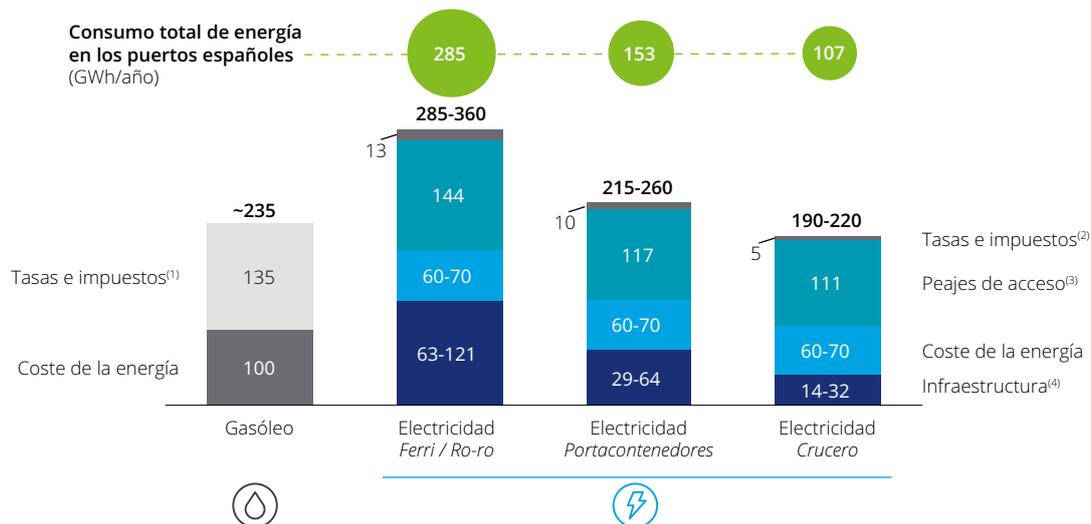
- La inversión necesaria para adaptar el buque al suministro eléctrico se situaría entre los 0,1 y 0,2 millones de euros en el caso de ferris y Ro-Ros, entre 0,2 y 0,3 millones de euros en caso de portacontenedores y entre 0,3 y 0,5 millones en caso de cruceros.

En términos generales, entre las diferentes tipologías de buques, los ferris, Ro-Ros, cruceros y portacontenedores presentan características que facilitan su adaptación al suministro de electricidad durante su atraque en puerto:

- Emiten el ~75% (2014) de las emisiones GEI, emisiones de NO_x y emisiones de SO_x generadas por los buques atracados en los puertos españoles y, por tanto, la reducción de sus emisiones debe ser prioritaria. Durante sus amarres en puertos españoles, estos cuatro tipos de buques emitieron aproximadamente 6.600 toneladas de NO_x (equivalentes a 900 mil coches) y unas 250 toneladas de SO_x (equivalentes a 23 millones de coches medios del parque español) (ver Cuadro 68).
- Se usan en rutas con características predecibles, lo que permite instalar los sistemas en puertos con una menor incertidumbre sobre el tráfico captable. En el caso de ferris o Ro-Ros, existen rutas fijas entre puertos (por ejemplo, entre Barcelona y Palma de Mallorca). En el caso de los grandes cruceros, estos suelen navegar por largas rutas internacionales fijas y atracar en un conjunto limitado de puertos turísticos, como Barcelona, Málaga, Palma de Mallorca, etc.
- Realizan escalas con una mayor frecuencia. Por ejemplo, los ferris normalmente realizan, como mínimo, dos atraques al día y los cruceros uno al día.

Cuadro 67: Comparativa de costes entre el uso de gasóleo o el suministro de electricidad durante el amarre de buques en puerto en términos de energía final

(€/MWh)



Nota: Número de escalas consideradas: ferri / ro-ro, 312; portacontenedores, 365; cruceros, 180

(1) Incluye impuestos especiales sobre hidrocarburos y tasas de amarre en puerto

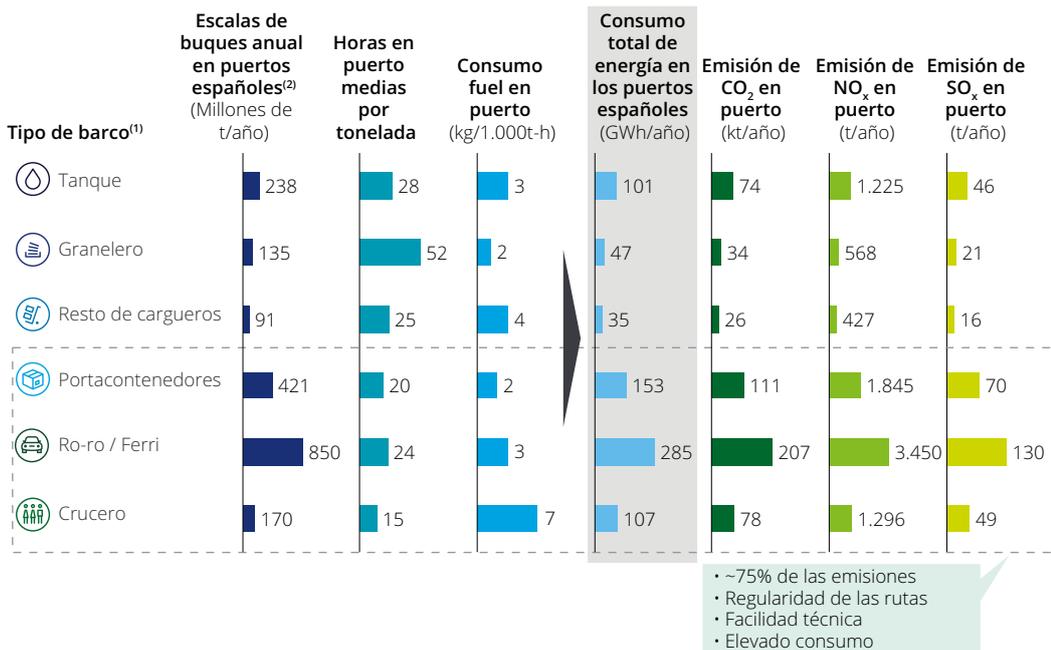
(2) Incluye TOVP del suministro e impuesto sobre la electricidad

(3) Incluye peajes de acceso a la red fijo, en función de la potencia contratada, y variable, en función de la energía consumida. Tarifa de acceso 6.1A.

(4) Incluye inversiones en conexión del muelle con la red de alta tensión, un convertidor de frecuencia, el punto de conexión con el buque y costes financieros de la inversión (7%). Se ha considerado el rango entre la construcción de un muelle nuevo y el reacondicionamiento de uno existente

Fuente: ENTEC; BOE; OMIE; Puertos del Estado; análisis Monitor Deloitte

Cuadro 68: Variables clave de potencial de electrificación: emisiones, tráfico y consumo energético



(1) Descripción: tanque (transporte de mercancías líquidas) y ro-ro/ferri (transporte de pasajeros/mercancías punto a punto, preparado para intermodalidad)
 (2) Datos de 2014
 Fuente: "Suministro de electricidad a buques en atraque en los puertos de interés general" (Puertos del Estado y Ministerio de Fomento)

Existen ejemplos nacionales e internacionales de adopción de medidas para reducir las emisiones

En España, la flota actual que utiliza GNL como combustible se limita únicamente a un buque transformado tipo Ro-Pax¹²⁵, que cubre la línea Barcelona-Palma de Mallorca, si bien esta adaptación se ha llevado a cabo únicamente en un motor auxiliar. Se prevé que entre 2018 y 2019 empiecen a operar los primeros ferris con motores principales propulsados con GNL¹²⁶. En el ámbito internacional, existe una flota mundial de aproximadamente 80 buques propulsados por GNL. Si se mantiene el crecimiento anual medio de los últimos años (15-25%), se estima que la flota mundial en 2025 podría llegar a ser de entre 300 y 700 buques, y en 2035 de entre 600 y 2.000. En algunos casos concretos, como por ejemplo los cruceros, grandes armadores ya están anunciando la adaptación de sus flotas a GNL (Carnival tiene el compromiso de que todos sus nuevos buques sean propulsados por GNL, Royal Caribbean ya ha realizado un pedido de dos buques, MSC tiene previsto añadir a su flota entre cuatro y seis nuevos buques). En línea con estas previsiones, la adopción del GNL en puertos europeos se está incrementando progresivamente, aunque de manera irregular. Cabe destacar los siguientes casos:

Los ferris, Ro-Ros, cruceros y portacontenedores presentan características que facilitan su adaptación al suministro de electricidad durante su atraque



125 El acrónimo Ro-Pax es utilizado cuando nos referimos a un buque Ro-Ro con capacidad para transportar más de doce pasajeros.

126 DNV GL.

- El **Puerto de Amberes** es uno de los pocos que dispone de una terminal en el propio puerto y es el puerto con mayor suministro de GNL a buques atracados en Europa.
- En el **Puerto de Estocolmo**, un proveedor ha invertido en un buque de suministro de GNL, que suministra a un ferri diariamente. Aunque el puerto no dispone de una instalación de almacenamiento, el suministro se realiza a través de camiones cisterna que transportan el GNL desde una terminal de importación cercana.

En España, la Autoridad Portuaria de Cartagena ha sido la primera en contar con un reglamento aprobado para el suministro de GNL a buques desde camión cisterna¹²⁷, lo que la ha convertido en uno de los puertos de referencia en bunkering de GNL en el mar Mediterráneo. Hasta la fecha se han realizado operaciones de suministro a buques de carga y a varios remolcadores.

Respecto al suministro de electricidad a buques atracados, fundamentalmente el desarrollo se ha producido en dos regiones: el norte de Europa y la costa oeste americana (ver Cuadro 69).

- **Norte de Europa:** los puertos de Rotterdam, Gotemburgo y Amberes han desarrollado instalaciones de suministro de electricidad en alta tensión a buques atracados. En general, las

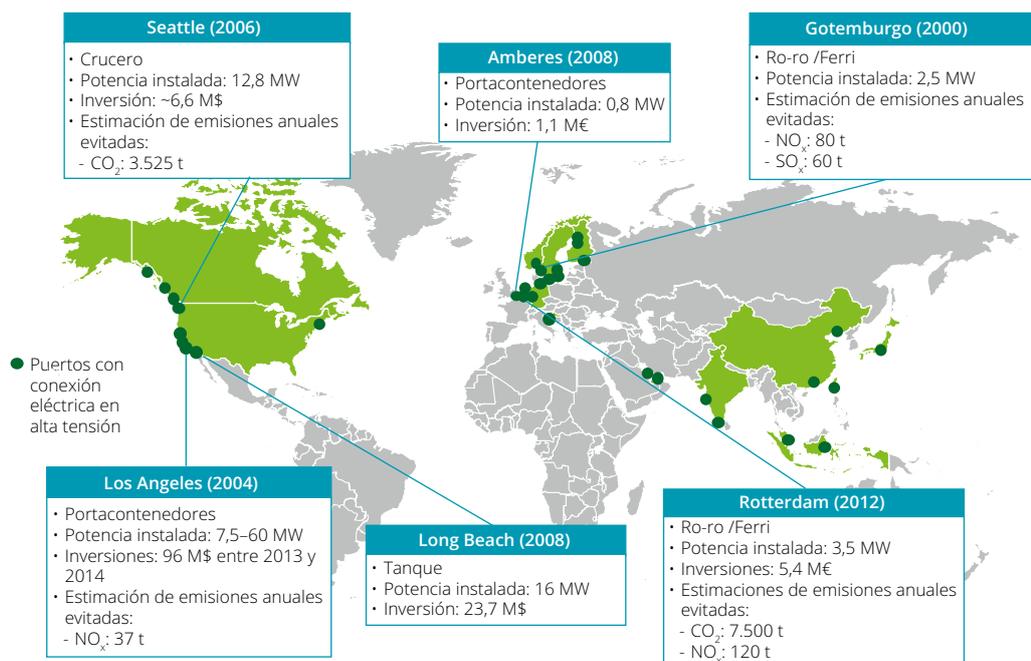
instalaciones del norte de Europa están destinadas a abastecer a ferris o Ro-Ros, aunque hay casos de otros tipos de buques (portacontenedores en el puerto de Amberes).

Normalmente, las inversiones realizadas han sido cofinanciadas por las Autoridades Portuarias y las Administraciones Públicas y por las compañías que utilizan las instalaciones. En el caso del puerto de Rotterdam, que cuenta con 2 muelles adaptados para este tipo de suministro, la inversión (5,4 millones de dólares en total) ha sido compartida a partes iguales entre la Autoridad Portuaria, el Ayuntamiento de Rotterdam y el Ministerio holandés por un lado, y el armador Stena Line por otro.

- **Costa oeste de Estados Unidos y Canadá:** los puertos de Seattle, Los Ángeles y Long Beach presentan los principales ejemplos de este tipo de instalaciones. En todos ellos, las Autoridades Portuarias han cerrado acuerdos con compañías de buques (el operador del puerto de Long Beach con la compañía Alaska Tanker Company, subsidiaria de la petrolera BP). Los sistemas que se han desarrollado en cada puerto han estado principalmente diseñados para un tipo de buque (cruceros en Seattle, portacontenedores en Los Ángeles y tanques en Long Beach).

Las inversiones realizadas en cada puerto ascienden a entre 7 y 96 millones de dólares que, en general,

Cuadro 69: Ejemplos internacionales de electrificación de puertos



Nota: entre paréntesis se muestra el año de puesta en funcionamiento del primer sistema de suministro de electricidad desde cada puerto
Fuente: World Ports Climate Initiative; ABB; análisis Monitor Deloitte

127 Análisis de prensa.

han sido cubiertos por las Autoridades Portuarias y por las compañías de buques. Por ejemplo, de los aproximadamente 24 millones de dólares invertidos en el puerto de Long Beach, el 25% ha sido pagado por la compañía Alaska Tanker Company, que ha adaptado dos de sus buques para el suministro de electricidad durante su atraque. Además, todos ellos tienen planes de inversión para continuar aumentando el número de puntos de suministro a buques atracados (la Autoridad Portuaria de Long Beach tiene unas inversiones planificadas para los próximos 5 años de 200 millones de dólares para puntos de suministro eléctrico en 16 muelles).

Recomendaciones para la reducción de emisiones por parte de buques atracados

Para fomentar el **uso del gas natural licuado** como combustible en los buques se requiere la colaboración entre las Autoridades Portuarias y los armadores, así como un apoyo decidido por parte de la Administración Pública:

- Desarrollar una **planificación de las inversiones para adaptar los principales puertos españoles** (especialmente aquellos localizados en grandes rutas internacionales, incluidos en la Red Transeuropea de Transporte) a la instalación de sistemas de suministro de GNL a buques, adoptando en cada uno de ellos la solución óptima en función de la demanda esperada y de las instalaciones existentes previamente.
- Incentivar las inversiones para el empleo de GNL mediante **subvenciones o incentivos fiscales a la adquisición de buques que se construyan con esta tecnología**, así como para las inversiones en sustitución de motores convencionales.
- En relación con el desarrollo futuro de esta actividad será necesario:
 - Definir y estandarizar especificaciones técnicas relativas al diseño y operación de las infraestructuras y equipos de suministro de GNL, incluyendo la evaluación de riesgos, la seguridad y eficiencia de las actividades de suministro.
 - Asegurar un tratamiento de la actividad que permita un desarrollo coherente y equilibrado del mercado, compatible con los principios básicos de la regulación del sistema gasista y del sistema portuario.

Por su parte, para incentivar **el desarrollo del suministro eléctrico** a buques atracados y su adopción por parte de los armadores se requiere:

- Elaborar una planificación para el desarrollo de las infraestructuras necesarias:
 - Realizar una **evaluación de detalle**, desde la Administración Central, que permita **identificar y priorizar** aquellos **puertos españoles** en los que sería más adecuada la instalación de sistemas de alimentación eléctrica a buques atracados. Esta priorización debe basarse en criterios de:
 - ♦ Población potencialmente afectada por las emisiones de elementos contaminantes y por el ruido.
 - ♦ Grado de impacto sobre dicha población: impacto de las emisiones del puerto sobre la calidad del aire y del ruido generado sobre la contaminación acústica.
 - ♦ Predictibilidad de las rutas de los buques potencialmente interesados en adaptar su consumo en puerto.
 - ♦ Rentabilidad económica estimada de las inversiones a realizar.
 - Fomentar acuerdos de colaboración entre las Autoridades Portuarias y las compañías navieras para que se **adapte el desarrollo de las infraestructuras portuarias a los planes de las diferentes compañías privadas** para la conversión de sus flotas.
 - **Establecer un calendario de despliegue** de las infraestructuras para aquellos puertos definidos como prioritarios a partir de la evaluación anterior. Este calendario servirá de guía a los diferentes armadores y agentes del sector para planificar las actuaciones de adaptación al suministro de electricidad.
- Incentivar las inversiones necesarias mediante **subvenciones e incentivos fiscales para adaptar las infraestructuras portuarias al suministro eléctrico** de los buques atracados mediante:
 - 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 las mismas.
 - Ajustar la normativa relativa al acceso y conexión a la red eléctrica para que toda la nueva infraestructura de red necesaria sea responsabilidad del distribuidor eléctrico,

mientras que los puntos de conexión en los puertos sean elementos propios de los operadores de éstos. Esta actuación permitiría reducir el coste de la inversión entre un 20 y un 30% para las autoridades portuarias, así como el coste del mantenimiento de las instalaciones, dado que los activos pasarían a estar operados y mantenidos por la compañía distribuidora.

- Modificar las tarifas eléctricas, introduciendo nuevas tarifas con discriminación horaria, para que reflejen adecuadamente los costes de acceso y uso de la red de distribución por parte de los usuarios de recarga; la recarga en horas en que la red está poco utilizada debería pagar tarifas de acceso muy bajas. También deben introducirse tarifas eventuales que permitan el contrato de un punto de suministro por un tiempo limitado, con el correspondiente recargo en el término de potencia. En cualquier caso, las mejoras a las tarifas deben garantizar que no se discrimina entre usos de la energía y que se asegura la suficiencia económica del sistema.

Todas **estas medidas planteadas permitirían la recuperación de la inversión**, siempre y cuando existiese una demanda mínima de suministro. Mediante la implantación de estas medidas se reduciría el coste de la inversión necesario y el término de potencia de la tarifa de acceso. Las inversiones necesarias en instalaciones de suministro podrían rentabilizarse¹²⁸ consiguiendo el siguiente número de atraques anuales (ver Cuadro 70):

- Entre 160 y 400 atraques al año en caso de ferris y Ro-Ros, valores que un ferri o un Ro-Ro con una ruta regular (por ejemplo, rutas Barcelona-Mallorca o Algeciras-Ceuta) puede realizar con facilidad.
- Más de 300 atraques al año en caso de portacontenedores.
- Entre 20 y 60 atraques al año en caso de cruceros.

Desde el punto de vista de los buques, el elemento imprescindible para fomentar su adaptación es el desarrollo de las iniciativas descritas en los puertos para permitir que el coste del suministro eléctrico sea inferior al del gasóleo marítimo. Con las medidas descritas **se podría ofertar un precio de la electricidad de entre 110 y 220 €/MWh**. Este precio permitiría rentabilizar la inversión gracias a los ahorros frente al gasoil marítimo en los buques tipo ferri o Ro-Ro con 50-170 atraques al año, en los buques portacontenedores con más de 90 atraques al año y en los cruceros con 6-7 atraques al año (ver Cuadro 71).

Para aportar una mayor visibilidad a los armadores sobre la rentabilidad de las inversiones, además de conseguir este nivel de precio del suministro eléctrico, se pueden **establecer ayudas económicas específicas a la adopción**, por parte de los buques, **de sistemas que permitan el consumo de electricidad** mientras éstos permanecen atracados. Estas ayudas pueden articularse de los siguientes modos:

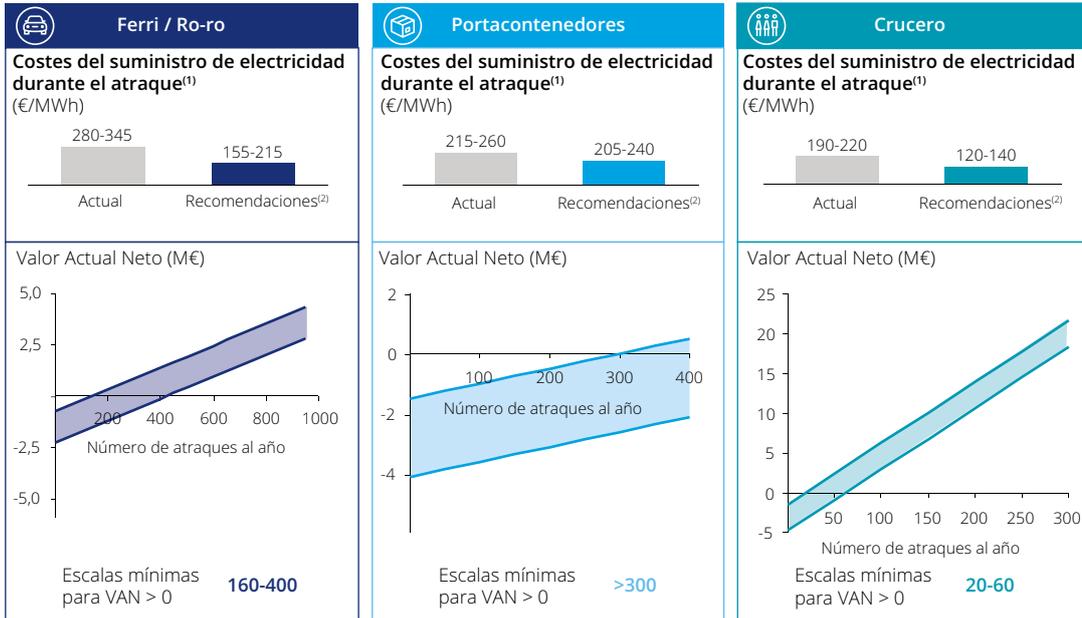
- Reducir el impuesto especial de electricidad, que actualmente se fija en el 5,1% del coste del consumo eléctrico.
- Mantener las bonificaciones sobre el coste de las tasas portuarias para los buques que utilicen electricidad suministrada desde el puerto para su alimentación.
- Establecer incentivos fiscales sobre las inversiones necesarias para la adaptación de los buques.

Se debe incentivar las inversiones necesarias mediante subvenciones e incentivos fiscales para adaptar las infraestructuras portuarias al suministro eléctrico y modificar las tarifas eléctricas, introduciendo nuevas tarifas con discriminación horaria, para que reflejen adecuadamente los costes de acceso y uso de la red de distribución

¹²⁸ Supone un precio de la electricidad vendida al buque de 220 euros/MWh

Cuadro 70: Rentabilidad de un punto de suministro eléctrico en puerto en el escenario de implantación de las recomendaciones

EJEMPLO ILUSTRATIVO



Nota: Variables utilizadas: Precio de venta de electricidad 220 €/MWh, vida útil de la instalación 20 años, tarifa de peaje de acceso 6.1A, exención de tasas portuarias de 90 €/MWh, tasa de descuento 5%, costes financieros de la inversión 5%

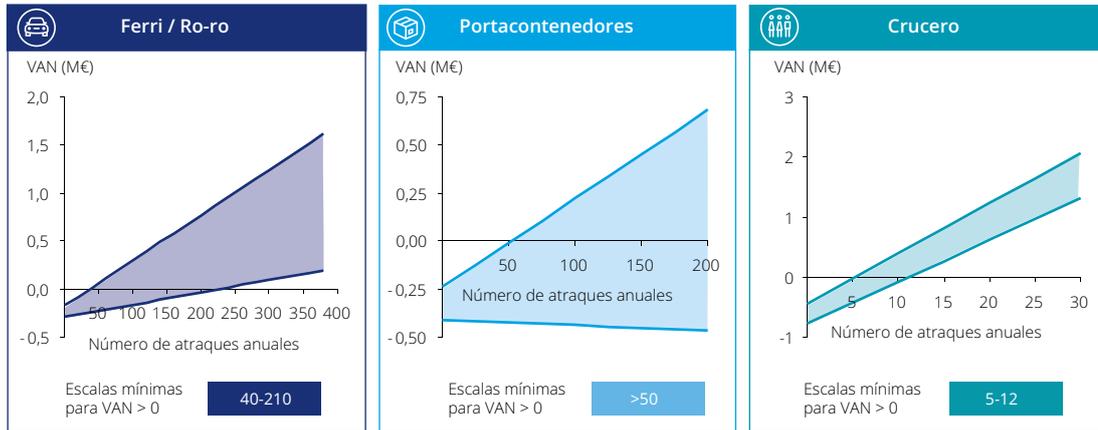
(1) Número de atraques al año considerados para cálculo de costes de suministro: Ferri / Ro-ro, 312; Portacontenedores, 365; Crucero, 180

(2) Las inversiones relativas a la nueva infraestructura de red son responsabilidad del distribuidor eléctrico y las autoridades portuarias disponen de tarifas de acceso eventuales

Fuente: Comisión Europea; World Ports Climate Initiative; ENTEC; BOE; Puertos del Estado; análisis Monitor Deloitte

Cuadro 71: Rentabilidad de la inversión en un buque para adaptar el buque al suministro de electricidad durante el atraque

EJEMPLO ILUSTRATIVO



Nota: Variables utilizadas: Precio de venta de electricidad en función de costes de suministro para el puerto, precio de venta de combustible bajo en sulfuro para uso marítimo 430 €/tonelada, vida útil de la instalación 20 años, ahorro de mantenimiento de buque 1,6 €/h, exención de tasas portuarias de 90 €/MWh, tasa de descuento 5%, costes financieros de la inversión 5%

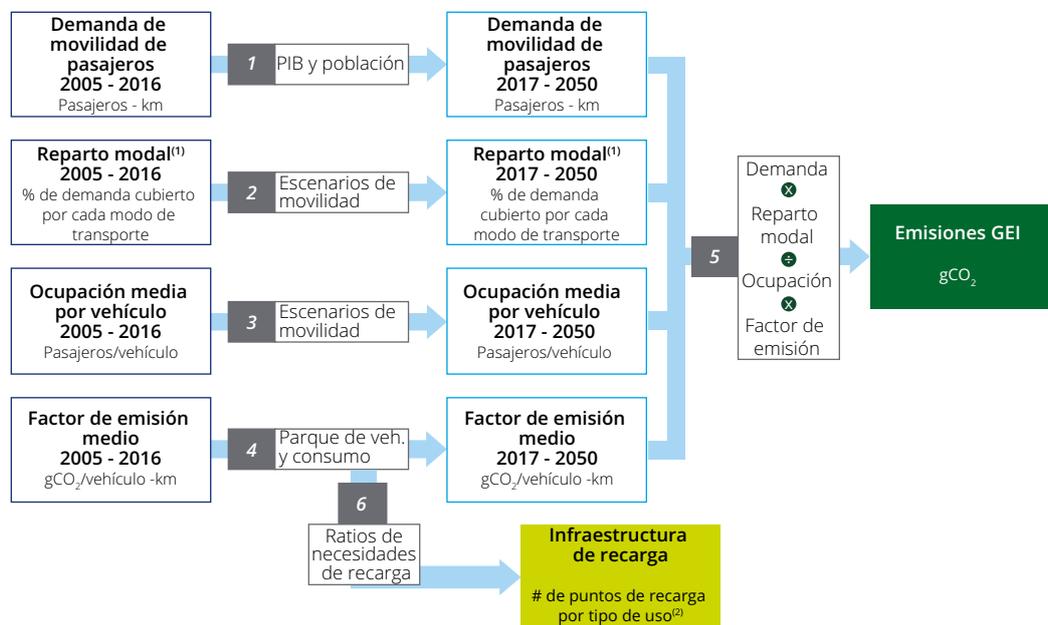
Fuente: World Ports Climate Initiative; ENTEC; Puertos del Estado; análisis Monitor Deloitte

Anexo I: Modelo de estimación del parque de vehículos de pasajeros por tipología de combustible

El modelo desarrollado estima, para cada uno de los escenarios de movilidad de pasajeros a futuro definidos, el número de vehículos necesarios por tipo de combustible (convencionales y eléctricos).

La estructura del modelo seguido puede observarse en el siguiente cuadro:

Cuadro 72: Rentabilidad de un punto de suministro eléctrico en puerto en el escenario de implantación de las recomendaciones



(1) Modos de transporte terrestre de pasajeros: Coche, autobús y ferrocarril
 (2) Tipologías de infraestructura de recarga definidas en el capítulo 2 del presente informe

El modelo de transporte de pasajeros estima:

1. Evolución de la demanda total de movilidad de pasajeros (pasajeros-km). La demanda de movilidad de pasajeros urbana e interurbana se evoluciona en función de las previsiones de crecimiento de PIB y se corrige según la estimación de envejecimiento de la población.
2. Evolución del reparto del transporte de pasajeros por modo de transporte. La distribución de la demanda de movilidad de pasajeros por modo de transporte (coche y transporte público) evoluciona desde los valores actuales hasta los definidos en 2050 en cada uno de los escenarios.
3. Ocupación media por vehículo (pasajeros/vehículo). Se estima en función de la penetración de los trayectos compartidos en el transporte particular, en base a los escenarios definidos, y se mantiene constante para el transporte público.
4. Factor de emisión medio (grCO_2/km). Se estima a partir de la distribución del parque de vehículos por cada tipología de combustible (convencional y eléctrico), y de su consumo unitario:
 - El **parque de vehículos** por tipo de combustible se ha evolucionado en base a la estimación de altas y bajas anuales de los vehículos de cada tipo de combustible.
 - Para calcular el consumo unitario de combustible de los vehículos convencionales se ha asumido que los fabricantes cumplen la Directiva de emisiones que limita las emisiones medias de las ventas de vehículos a menos de $95 \text{ gCO}_2/\text{km}$ a partir de 2021. El consumo unitario de los vehículos eléctricos y el consumo eléctrico unitario de los vehículos híbridos enchufables se ha mantenido constante.
5. **Emisiones GEI.** A partir de la demanda de movilidad, el reparto modal, la ocupación media y el factor de emisión medio, se estiman las emisiones GEI anuales del transporte de pasajeros terrestre.
6. **Infraestructura de recarga.** A partir del parque de vehículos por tipología de combustible se calculan los puntos de recarga necesarios de cada tipología de uso.

Como condición para todos los escenarios se ha impuesto que se garantice el cumplimiento de las emisiones GEI máximas por escenario de 4 MtCO_2 en 2050, por lo que la penetración de los vehículos eléctricos se ha estimado en base a esta condición.

Anexo II: Modelo de estimación del potencial de tráfico de mercancías captable por el ferrocarril

El modelo desarrollado estima la demanda de mercancías que actualmente se lleva a cabo por carretera pero que, si se acometen todas las recomendaciones realizadas en el presente informe, es potencialmente captable por el ferrocarril.

El funcionamiento del modelo es el siguiente.

1. Cálculo de las t-km transportadas en el territorio español: A partir de la Encuesta Permanente de Transporte por Carretera que publica información relativa a los camiones de nacionalidad española y de Eurostat que publica la información para países del resto de nacionalidades, se estiman las t-km recorridas en la red de carreteras de España por camiones de cualquier nacionalidad. A su vez estas t-km se dividen en aquellas realizadas en un transporte nacional (transporte entre dos puntos del territorio español) y aquellas realizadas en un transporte internacional (transporte con origen y/o destino en un punto fuera del territorio español).
2. Filtrado de aquellas mercancías consideradas no ferrocarrilables: animales vivos, petróleo crudo, maquinaria, minerales y residuos no ferrosos.
3. Filtrado de aquellos trayectos no ferrocarrilables:
 - Transporte nacional: trayectos en las Islas Canarias, Islas Baleares, Ceuta y Melilla
 - Transporte internacional: trayectos entre las regiones fronterizas de España y de países limítrofes (Francia y Portugal).
4. Aplicación de unos porcentajes de captación del tráfico por carretera, en base a las estimaciones del Ministerio de Fomento y a opiniones de expertos consultados:
 - Transporte nacional: se han considerado diferentes ratios de captación en función de la distancia del trayecto y de la mercancía transportada (ver Tabla 1).
 - Transporte internacional: se ha considerado que el 100% del transporte de mercancías es potencialmente ferrocarrilable.

Tabla 1: Ratios de captación del transporte de mercancías por ferrocarril nacional

Mercancía	0 -100 km	100- 300 km	300 -600 km	> 600 km
Intermodal	0%	10%	20-30%	25-40%
Automoción	0%	10%	20-30%	25-40%
Siderúrgicos	0%	6%	15-25%	20-35%
Alimentación	0%	6%	15-25%	20-35%
Multiproducto	0%	6%	15-25%	20-35%

Contactos



Alberto Amores es Socio Responsable de Consultoría Estratégica de Energía y Recursos Naturales (Monitor Deloitte)

aamores@deloitte.es



Laureano Álvarez es Socio de Consultoría Estratégica de Energía y Recursos Naturales (Monitor Deloitte)

jalvarez@deloitte.es



Joaquín Chico es Senior Manager de Consultoría Estratégica de Energía y Recursos Naturales (Monitor Deloitte)

jochico@deloitte.es

Monitor **Deloitte.**

Deloitte hace referencia, individual o conjuntamente, a Deloitte Touche Tohmatsu Limited ("DTTL") (private company limited by guarantee, de acuerdo con la legislación del Reino Unido), y a su red de firmas miembro y sus entidades asociadas. DTTL y cada una de sus firmas miembro son entidades con personalidad jurídica propia e independiente. DTTL (también denominada "Deloitte Global") no presta servicios a clientes. Consulte la página <http://www.deloitte.com/about> si desea obtener una descripción detallada de DTTL y sus firmas miembro.

Deloitte presta servicios de auditoría, consultoría, asesoramiento financiero, gestión del riesgo, tributación y otros servicios relacionados, a clientes públicos y privados en un amplio número de sectores. Con una red de firmas miembro interconectadas a escala global que se extiende por más de 150 países y territorios, Deloitte aporta las mejores capacidades y un servicio de máxima calidad a sus clientes, ofreciéndoles la ayuda que necesitan para abordar los complejos desafíos a los que se enfrentan. Los más de 244.000 profesionales de Deloitte han asumido el compromiso de crear un verdadero impacto.

Esta publicación contiene exclusivamente información de carácter general, y ni Deloitte Touche Tohmatsu Limited, ni sus firmas miembro o entidades asociadas (conjuntamente, la "Red Deloitte"), pretenden, por medio de esta publicación, prestar un servicio o asesoramiento profesional. Antes de tomar cualquier decisión o adoptar cualquier medida que pueda afectar a su situación financiera o a su negocio, debe consultar con un asesor profesional cualificado. Ninguna entidad de la Red Deloitte será responsable de las pérdidas sufridas por cualquier persona que actúe basándose en esta publicación.

© 2017 Para más información, póngase en contacto con Deloitte Consulting, S.L.U.

Diseñado y producido por el Dpto. de Comunicación, Marca y Desarrollo de Negocio, Madrid.