

# Transformando el transporte para asegurar la movilidad del mañana

12 perspectivas sobre la *Verkehrswende* – la transformación del transporte



# Impresión

## Transformando el transporte para asegurar la movilidad del mañana

12 Perspectivas sobre la *Verkehrswende*

Una discusión sobre los desafíos más importantes que enfrentan la descarbonización del sector del transporte y la transición hacia la movilidad sostenible (versión larga).

Este documento ofrece perspectivas clave acerca de cómo podemos posibilitar el *Verkehrswende*, o la transformación del transporte. El Director Ejecutivo de Agora *Verkehrswende* es el único responsable por los contenidos de esta publicación. La Junta de Asesoría Científica no tiene responsabilidad al respecto.

### COMISIONADO POR

#### Agora *Verkehrswende*

Anna-Louisa-Karsch-Str. 2 | 10178 Berlin  
T +49 (0)30 700 14 35-000  
F +49 (0)30 700 14 35-129  
www.agora-Verkehrswende.de  
info@agora-Verkehrswende.de

### DIRECTOR DE PROYECTO

Christian Hochfeld

### EJECUCIÓN

**Autores:** Christian Hochfeld, Alexander Jung, Anne Klein-Hitpaß, Dr. Urs Maier, Kerstin Meyer, Dr. Fritz Vorholz

**Editor:** Dr. Fritz Vorholz

**Traducción:** TUMI

**Corrección:** Cecilia Reyes Retana Rodriguez, TL Translations GmbH

**Diseño:** Melanie Wiener, Marica Gehlfuß

**Imagen de la cubierta:** xijian/iStock

Fecha de publicación: noviembre de 2019  
**30-2019-ES**



Esta publicación está disponible para descargar bajo este código QR.



TUMI es la iniciativa global líder en implementación de movilidad urbana sostenible a través de la unión de 11 asociados/as: [transformative-mobility.org](https://transformative-mobility.org)

#### Por favor citar como:

*Agora Verkehrswende (2017): Transformando el Transporte para Asegurar la Movilidad del Mañana*

## Preámbulo

Kindergarten. Zeitgeist. Sauerkraut. Muchas palabras en alemán han entrado a nuestro idioma a través de los años. Una de las adiciones más recientes es energiewende – el extenso programa alemán para eliminar gradualmente la energía nuclear y hacerla transitar hacia el cambio climático limpia ha demostrado ser tan popular internacionalmente que este neologismo se ha puesto de moda. Sin embargo, otra palabra alemana de importancia crucial para la transición hacia la energía limpia es menos conocida en el extranjero: *Verkehrswende*, o transformación del transporte, que se refiere tanto a la descarbonización del sector del transporte como a la transición hacia la movilidad sostenible. Una razón por la cual la palabra sigue siendo oscura es bastante simple: el *Verkehrswende* apenas ha comenzado.

Las 12 perspectivas contenidas en este informe resumen los pasos que Alemania deberá dar para conseguir esta transformación. No ofrecen una estrategia terminada sino un mapa y una brújula para el trabajo futuro; – un mapa, porque describen los campos y temas que deben navegarse en el camino hacia el desarrollo de un sector del transporte sostenible; y una brújula, porque apuntan hacia el destino definitivo: concretamente, la eliminación de los combustibles fósiles para 2050. Este año todavía puede parecer lejano, pero Alemania necesita redoblar urgentemente sus esfuerzos de descarbonización para alcanzar sus objetivos climáticos y aquellos establecidos por acuerdos internacionales. Y como ha quedado claro con las tensas discusiones con respecto al futuro del carbón en Alemania, a aquellos países que se aferran al statu quo durante demasiado tiempo les resulta mucho más difícil introducir energías renovables más adelante.

La transformación del transporte implica mucho más que un cambio hacia la energía limpia en el sector, también conocido como cambio de propulsión (del motor de combustión hacia la electromovilidad). Para tener éxito, debe ser acompañada por cambios en el sistema del transporte y en la forma en la que se desplazan las personas. Por lo tanto, la aceptación del público puede desempeñar un mayor papel que los principios técnicos de la descarbonización. De hecho, la transformación del sector del transporte pondrá en movimiento cambios estructurales que son mucho más complicados que aquellos asociados con la transición hacia la energía limpia en el sector energético. Por eso requiere el apoyo del gobierno y de la población en general. En este momento, al parecer, los

actores clave todavía necesitan convencerse. Entre otras cosas, necesitan ser persuadidas sobre el valor social y económico de la *Verkehrswende* más allá de la mitigación del cambio climático, un tema abordado por este informe.

El Plan de Acción Climática 2050 de Alemania ha establecido objetivos nacionales basados en los ambiciosos objetivos del Acuerdo de París, incluyendo los primeros estándares de comparación para el sector del transporte en Alemania. La tarea ahora es encontrar el mejor camino para alcanzar estos objetivos – y entonces comenzar el viaje.

Le invitamos a unirse a la discusión. Sus ideas, comentarios y críticas son bienvenidos. Trabajemos juntos para transformar el sector del transporte hoy, asegurando así la movilidad del mañana.

Dados los rápidos cambios en las tecnologías del transporte, estas 12 perspectivas sin duda necesitarán ser revisadas con el paso del tiempo. ¿Quién podría haber imaginado hace tres años que los precios de las baterías para vehículos caerían tan rápidamente? ¿Y quién puede hoy, con alguna seguridad, predecir la importancia de los automóviles privados en el futuro?

¿Qué se dirá sobre el la *Verkehrswende* en las discusiones internacionales dentro de algunos años? Nuestra esperanza es que, a medida que Alemania comience a transformar su sector del transporte, el papel crucial de la movilidad sostenible se volverá evidente para el éxito no solo de la transición hacia la energía limpia de Alemania, sino de programas similares en todas partes.

### **Christian Hochfeld**

Director Ejecutivo de Agora Verkehrswende en nombre del equipo completo de Agora Verkehrswende  
Berlín, 28 de marzo de 2017

# Contenidos

<b>Preámbulo</b>	<b>3</b>
<b>Introducción</b> Transformar el sector del transporte es crucial para el éxito de la transición hacia la energía limpia.	<b>7</b>
<b>Perspectiva 01</b> Transformar el transporte requiere descarbonización y movilidad sostenible.	<b>13</b>
<b>Perspectiva 02</b> La eficiencia es el principio guía de la transformación del transporte.	<b>21</b>
<b>Perspectiva 03</b> En las ciudades, la transición de la movilidad ya ha comenzado.	<b>25</b>
<b>Perspectiva 04</b> Las áreas rurales también se beneficiarán de la transición de la movilidad.	<b>35</b>
<b>Perspectiva 05</b> Los vehículos autónomos son ideales para uso compartido.	<b>41</b>
<b>Perspectiva 06</b> La electrificación es la clave para una transición energética en el transporte.	<b>51</b>

**Perspectiva 07**

Los combustibles neutros en carbono pueden complementar la energía eólica y solar. **59**

**Perspectiva 08**

Sector de carga: fortalecer el sistema ferroviario y decarbonizar el transporte por carretera. **65**

**Perspectiva 09**

El suministro energético y el sector del transporte se benefician del acoplamiento de sectores. **73**

**Perspectiva 10**

Repensando la planeación y el financiamiento de la infraestructura de transporte. **77**

**Perspectiva 11**

La transformación del transporte puede fortalecer la industria alemana. **83**

**Perspectiva 12**

La transformación del transporte será impulsada por sus beneficios para la sociedad. **89**

**Fuentes** **93**



## Preámbulo

Transformar el sector del transporte es crucial para el éxito de la transición hacia la energía limpia.

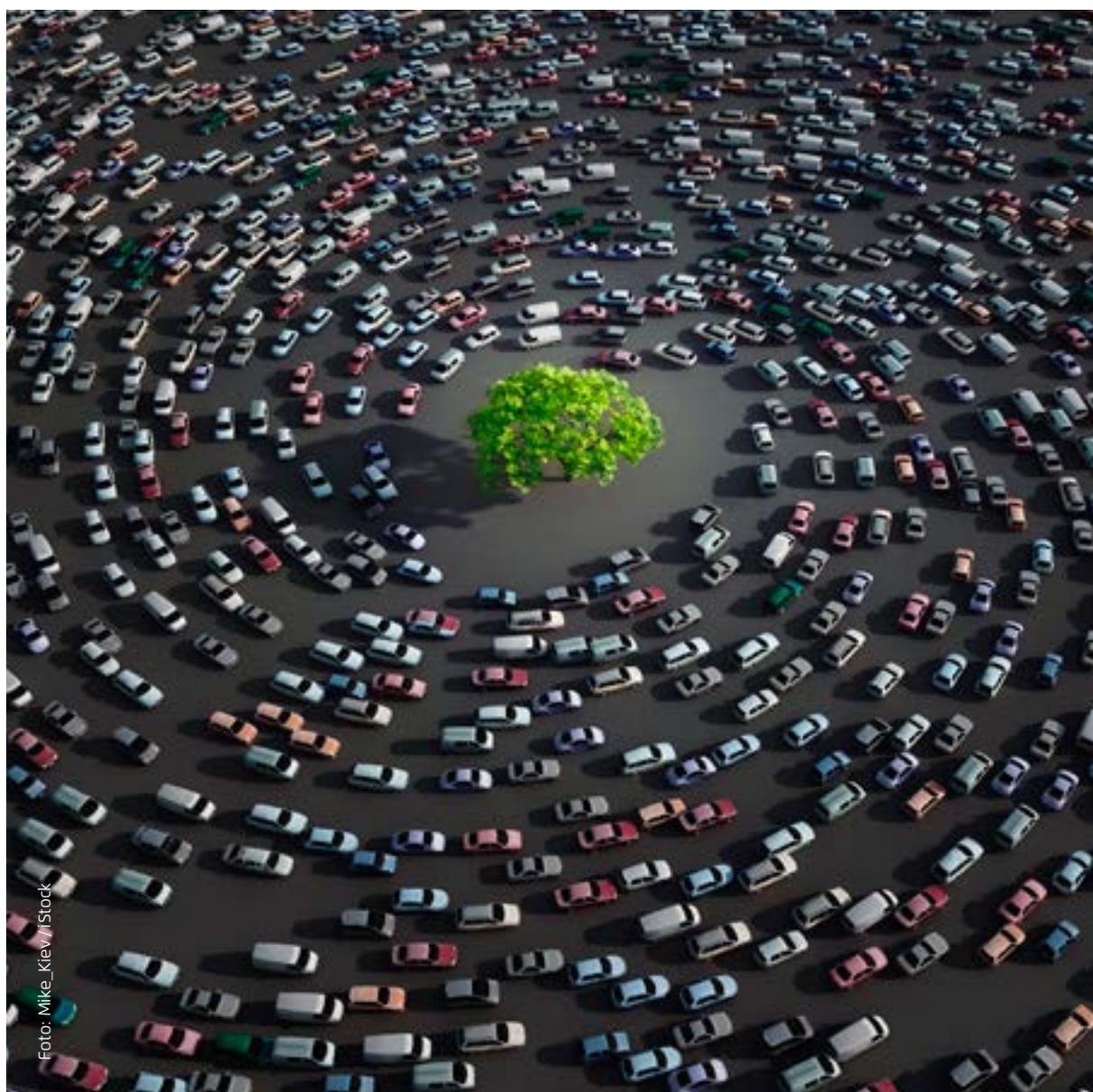


Foto: Mike\_Kiev/iStock

El transporte da forma a la vida cotidiana como casi ninguna otra cosa. Permite que las personas viajen al trabajo, hagan mandados, visiten a sus amigos y familia, y exploren nuevas ciudades y países. Permite participar en la vida social, y también es un factor importante que desempeña a la estabilidad de las sociedades. Sin él, las personas no podrían comprar productos de países distantes o vender los propios en el extranjero. Y si bien la globalización ha creado problemas, en general ha unido más a las personas. El transporte ha sido un facilitador esencial en este proceso.

A pesar de sus beneficios, el transporte puede tener impactos negativos sobre la salud humana y la calidad de vida. Hace ruido, genera contaminación, ocupa espacio, y hace mella en el paisaje. Ya en 1973, el Consejo Alemán de Asesoría sobre el Ambiente lo dijo en su primer informe, concluyendo que "el transporte puede hacer más mal que bien" para el público en general.<sup>1</sup>

Esta perspectiva de hace casi 50 años todavía aplica hoy, tanto en Alemania como en otros países, especialmente para muchas de las metrópolis. Actualmente, el sector del transporte alemán consume más energía que cualquier otra parte de la economía y está en segundo lugar después de la industria energética en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Por lo tanto, juega un papel crucial en la transición hacia la energía limpia y el esfuerzo para mitigar el cambio climático. Ninguno de estos proyectos tendrá éxito sin cambios significativos en el sector del transporte.

Hasta la fecha, el sector del transporte no ha hecho ninguna contribución en términos absolutos para alcanzar los objetivos climáticos y de energía limpia del gobierno alemán. De hecho, las políticas de energía limpia han tenido poco impacto sobre el sector del transporte: el consumo final de energía está en aumento; las emisiones de CO<sub>2</sub> se han estancado en niveles altos; la dependencia del petróleo está aumentando; y las nuevas tecnologías aún no se han arraigado.

Ahora es evidente que las emisiones en el sector del transporte disminuirán poco, si es que lo hacen, durante los próximos años. Esto significa que es muy probable que Alemania no alcance sus objetivos climáticos nacio-

nales para 2020. Y si la tendencia continúa, Alemania no será capaz de honrar sus compromisos bajo el Acuerdo de París de 2015, que busca limitar el calentamiento global dentro de los 2°C por encima de niveles preindustriales.

## El sector del transporte todavía debe unirse a la lucha contra el cambio climático

Después de la industria energética, el sector del transporte nacional es el mayor emisor de gases de efecto invernadero en la economía alemana. Entre 1990 y 2016, las emisiones de GEI de Alemania cayeron de alrededor de 1.251 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> a 906 millones de toneladas métricas, o sea unas 345 millones de toneladas métricas. Durante este mismo período de tiempo, las emisiones en el sector del transporte subieron continuamente salvo por un breve período de declive después del 2000. Con 166 millones de toneladas métricas, el nivel actual de emisiones en el sector del transporte es 3 millones de toneladas métricas mayor que en 1990. Además, la proporción de emisiones de GEI nacionales producida por el sector del transporte ha aumentado desde alrededor del 13% en 1990 al 18% en 2016, un aumento de alrededor de un tercio.<sup>2</sup>

Este aumento es atribuible principalmente a automóviles y camiones, el medio principal de transportar bienes y pasajeros actualmente en Alemania.<sup>3</sup> Juntos, son responsables de casi todas las emisiones de CO<sub>2</sub> y contaminantes del aire generados por el transporte vial.<sup>4</sup> La Agencia Federal de Medio Ambiente de Alemania (*Umweltbundesamt*, o UBA) estima que solo en 2014 el transporte vial causó 52,2 mil millones de euros de daño al ambiente cuando también se consideran los costos de contaminación del aire y uso del terreno.<sup>5</sup>

Todo este tiempo, el volumen del tráfico ha seguido creciendo. Entre 2005 y 2015, el número de vehículos de pasajeros en las calles aumentó un 8% y el número de camiones aumentó alrededor del 14%.<sup>6</sup> La cantidad de

1 Véase SRU (1973), p. 1.

2 Estos datos se basan en UBA (2017a) y UBA (2017d).

3 Véase BMVI (2016a), p. 221 s. y p. 246 s.

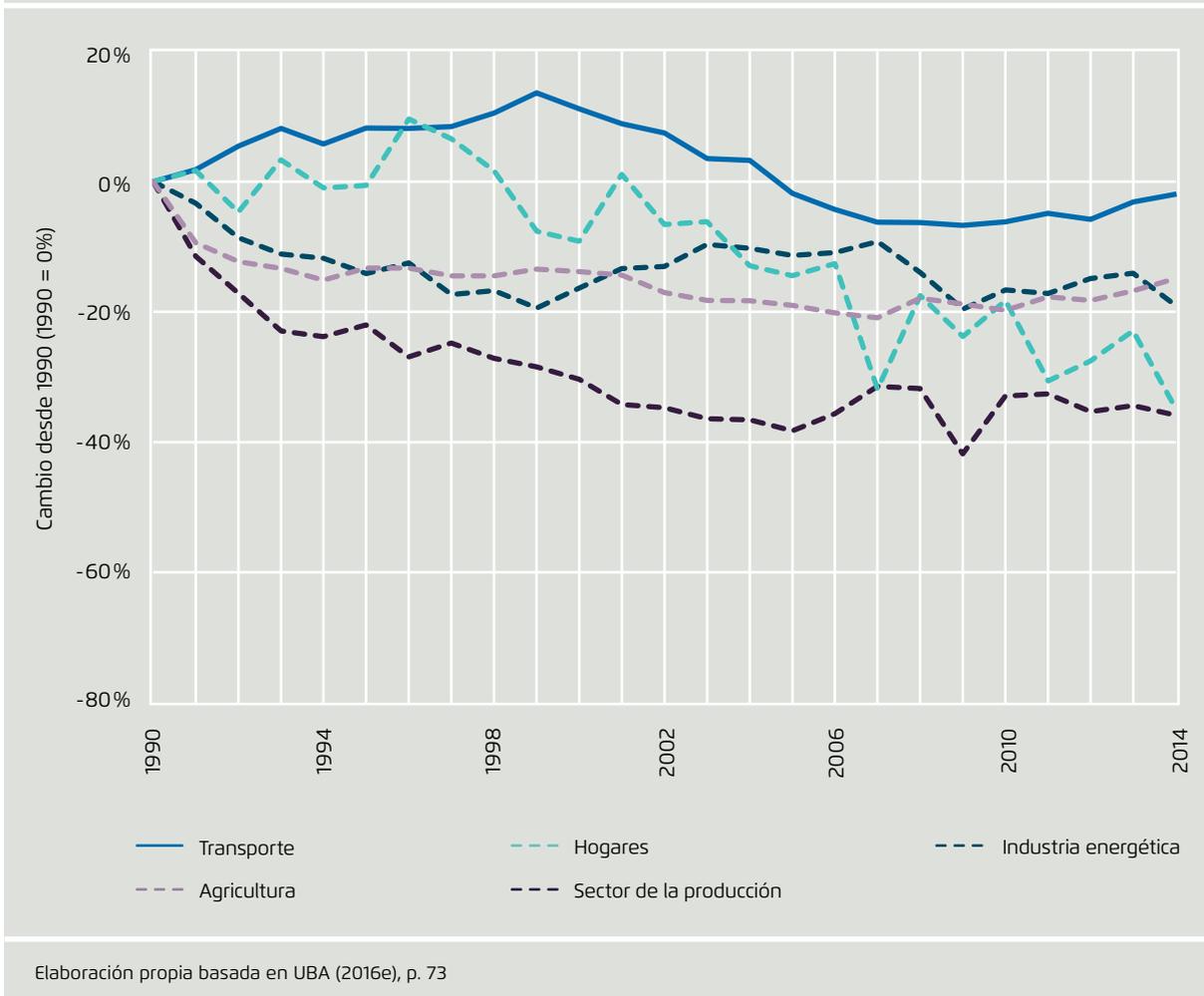
4 Véase UBA, Emissionen des Straßenverkehrs in Tonnen 2014, Tremod, p. 63.

5 UBA (2016f), p. 36.

6 Véase BMVI (2016a), p. 218 f. y p. 244 s.

Cambio relativo en emisiones de gases de efecto invernadero desde 1990 por categoría en Alemania

Figura 0.1



contaminantes del aire emitidos a la atmósfera, aunque cayó en términos absolutos,<sup>7</sup> todavía es dañina para la salud humana, y las emisiones totales de CO<sub>2</sub> han permanecido casi constantes a pesar de la introducción de motores más limpios y eficientes. En contraste, las emisiones de los hogares privados han disminuido incluso considerando que el espacio de vivienda ha aumentado.<sup>8</sup> Lo mismo sucede con las emisiones de la industria, que han caído a pesar de un aumento en los resultados de producción (figura 0.1).

Las estadísticas sobre consumo de energía también muestran la imagen de un sector del transporte desconectado de las tendencias nacionales. En 2015, el uso total de energía en Alemania fue alrededor de un 6% menos que en 1990. Las mejoras a la industria y la manufactura durante la década siguiente a la Reunificación alemana fueron responsables en gran medida de esta caída, con los hogares formando la mayor parte de la diferencia en años posteriores. En contraste, el sector del transporte hoy consume un 10% más de energía que en 1990, un 1% más que en 2005 y casi un 2% más que en 2010. Actualmente es responsable de cerca del 30% del consumo final de energía en Alemania (figura 0.2). Estas cifras no socavan los objetivos del gobierno federal, que

7 Véase UBA (2016e).

8 Entre 2005 y 2014 las emisiones directas e indirectas en el sector de viviendas cayeron un 6%. Véase Destatis (2016b), p. 569 y UBA (2016d).

llaman a una disminución del 10% del consumo final de energía para 2020 y una disminución del 40% para 2050 en relación con los niveles de 2005.<sup>9</sup>

El sector del transporte no solo consume más energía que cualquier otro segmento de la economía;<sup>10</sup> también es por lejos el mayor consumidor de petróleo de Alemania.<sup>11</sup>

De hecho, el petróleo disfruta de un monopolio en el sector del transporte, que toma el 94% de la energía que consume de combustibles a base de petróleo. La electricidad contribuye en forma insignificante a satisfacer la demanda de energía para la movilidad, y durante los últimos años su nivel ha caído tanto en términos absolutos

como relativos mientras que aumenta en todos los demás sectores económicos.<sup>12</sup>

### El Acuerdo de París llama a la descarbonización del transporte para 2050

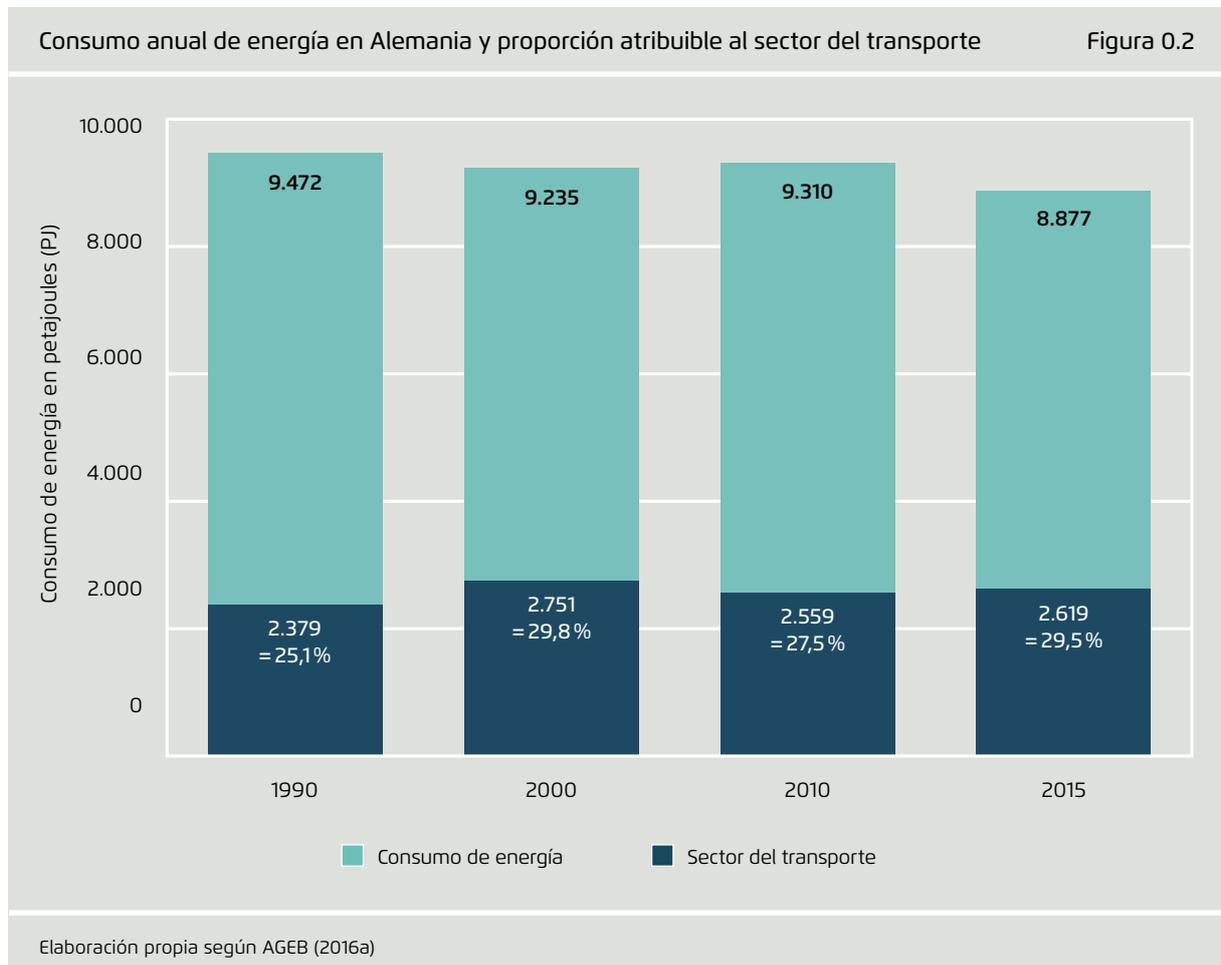
Los continuos altos niveles de consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector del transporte han puesto en peligro las esperanzas de que Alemania alcance los objetivos de políticas energéticas y climáticas establecidos por el Plan de Energía de 2010 del gobierno federal y elaborados en el Plan de Acción Climática 2050. Alcanzar estos objetivos requerirá una transformación del sector del transporte actual.

9 Véase Bundesregierung (2010), p. 5

10 Véase AGEB (2016a).

11 Véase BMWi (2016a).

12 Véase AGEB (2016a).



El Plan de Energía 2010 –*Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung* es el título oficial en alemán– apunta a una disminución de un 80% a un 95% en emisiones de gases de efecto invernadero para 2050 sobre los niveles de 1990. Esto significaría reducir las emisiones anuales a entre 63 y 250 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> (figura 0.3).<sup>13</sup> El Plan de Acción Climática 2050, que se hizo efectivo en noviembre de 2016, habla de “eliminación completa de los gases de efecto

invernadero de la economía mundial” a lo largo del siglo y llama a que Alemania sea “mayormente neutral en gases de efecto invernadero para 2050”.<sup>14</sup>

El Plan de Acción Climática 2050 representa la primera vez que el gobierno alemán ha definido objetivos a mediano y largo plazo para la reducción de emisiones de GEI en el sector del transporte. Específicamente, conciben una disminución de un 40% a un 42% para 2030 en relación con los niveles de 1990. Para 2050, el sector debe ser “casi independiente de los combustibles fósiles y, por lo tanto, neutro en gases de efecto invernadero”.<sup>15</sup>

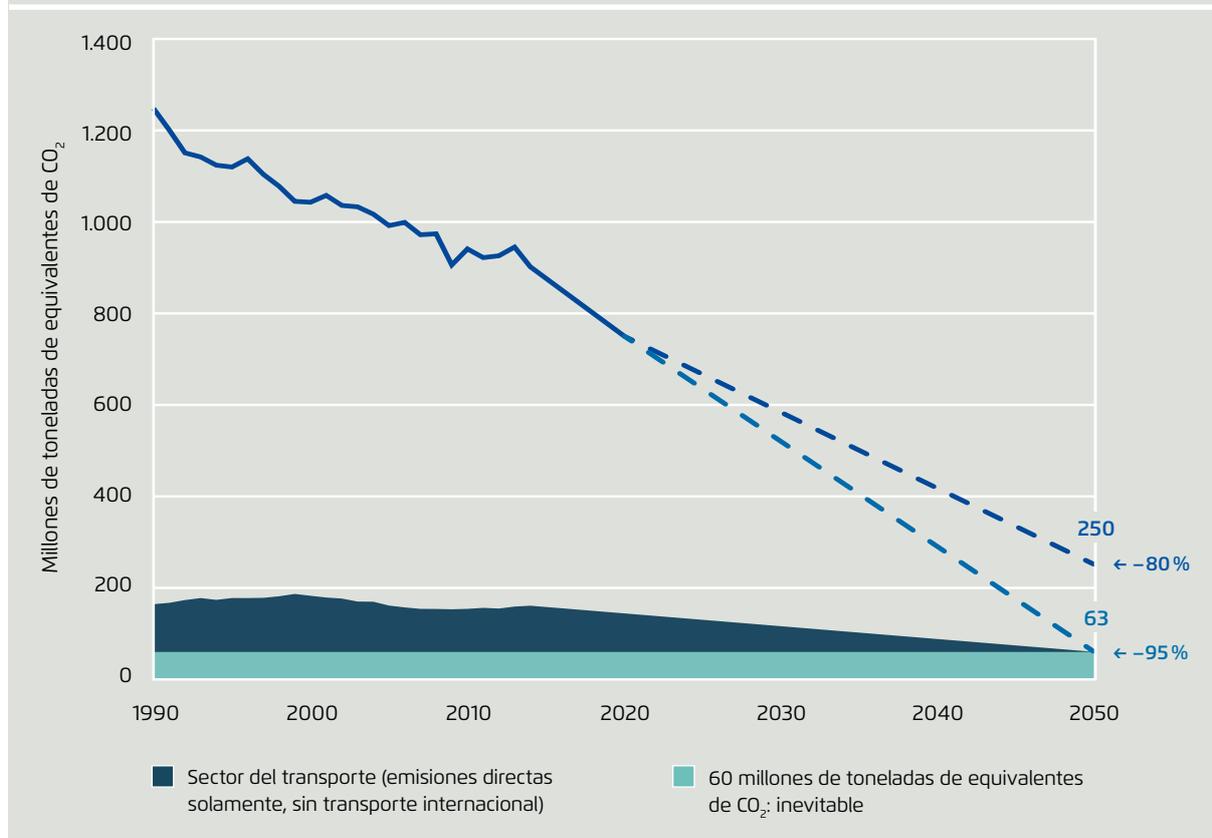
13 Véase Bundesregierung (2010), p. 4 y UBA (2016c). Los objetivos de reducción para emisiones de gases de efecto invernadero y consumo de energía solo aplican a combustibles consumidos en Alemania. No toman en cuenta la aviación civil ni el transporte marítimo. Estas excepciones también aplican a este informe.

14 Bundesregierung (2016b), p. 6 y p. 9.

15 Bundesregierung (2016b), p. 26 y p. 48.

Posible evolución de las emisiones alemanas de gases de efecto invernadero hasta 2050

Figura 0.3



Elaboración propia basada en UBA (2014), p. 38, UBA (2017a), Bundesregierung (2010), p. 4

Un año antes de que el Plan de Acción Climática fuera promulgado, los participantes de la cumbre G7 en Elmau discutieron la reorganización del sector del transporte fuera del carbono. Su declaración final habló de la necesidad de grandes recortes en las emisiones globales de GEI "acompañados por la descarbonización de la economía global durante este siglo."<sup>16</sup>

Este objetivo es consistente con el Acuerdo de París, que apunta a mantener "el aumento en la temperatura promedio global bien por debajo de 2°C por encima de los niveles preindustriales" y a llevar las emisiones netas de gases de efecto invernadero a cero para el fin del siglo.<sup>17</sup> Ya está claro que estos objetivos no se podrán conseguir sin introducir emisiones negativas.<sup>18</sup> Pero estas son costosas y difíciles de aceptar políticamente, como ha demostrado la disputa sobre el almacenamiento subterráneo de CO<sub>2</sub>. La estrategia más sensata es la reducción de las emisiones al mínimo inevitable.<sup>19</sup> Esto incluye la descarbonización del sector del transporte.

El enfoque de presupuesto desarrollado por el Consejo Asesor sobre Cambio Global Alemán (*Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen*, o WBGU) sigue la misma lógica. Pone un límite a las emisiones de CO<sub>2</sub> entre 2010 y 2050 en 750.000 millones de toneladas métricas para mantener el calentamiento global por debajo de los 2°C con un alto grado de probabilidad.<sup>20</sup> De acuerdo con el WBGU, una

distribución equitativa de permisos de CO<sub>2</sub> entre los países del mundo dejaría a Alemania con un presupuesto de emisiones de 9.000 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub>, o 220 millones de toneladas métricas por año por el resto del período. Pero las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> del sector del transporte alemán ya alcanzan unos 160 millones de toneladas métricas por año, casi tres cuartos de la asignación anual de Alemania. No hay razón por la cual el sector del transporte deba recibir un trato especial en relación con los sectores industrial y de los hogares privados.

A pesar de estos desafíos, la caída en los precios del petróleo y otros factores han llevado a un aumento del consumo de energía y de las emisiones en el sector del transporte. Las proyecciones oficiales pronostican que las reducciones de emisiones seguirán sin alcanzar los objetivos.<sup>21</sup> La discrepancia entre los objetivos y la realidad revela la enorme necesidad de acción política.

16 Bundesregierung (2015), p. 17.

17 UNFCCC (2016a), p. 21 (Artículo 2 y Artículo 4). Desde que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático entró en vigor en 1994, el tratado ambiental ha requerido que varios países "tomen un rol de liderazgo" reduciendo sus emisiones de gases de efecto invernadero más rápidamente que los países en desarrollo. Véase UNFCCC (1992), Artículo 3.

18 Las emisiones negativas son procesos que eliminan gases de efecto invernadero de la atmósfera. Un método combina un mayor uso de la bioenergía con la eliminación de CO<sub>2</sub> por medio de sumideros de carbono. Véase O. Geden y S. Schäfer (2016).

19 Basándose en la tecnología actual, los sectores industrial y agrícola aún necesitarían emitir inevitablemente 60 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub>-equivalente. Véase UBA (2014), p. 38.

20 La probabilidad asumida es 67%. Véase WBGU (2009), p. 27 ss. Desde la publicación del estudio de WBGU, se han

emitido alrededor de 30.000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> anualmente, lo que significa que el presupuesto restante es más bajo hoy. Se ha vuelto aún más pequeño debido a los objetivos climáticos aumentados del Acuerdo de París.

21 Según las proyecciones del gobierno federal, para 2030 las emisiones solo caerán en un 18% en relación con los niveles de 2005 (Bundesregierung, 2016c, p. 300). Ifeu, INFRAS, LBST (2016) estiman que las emisiones declinarán en alrededor de un 40% para 2050 (p. 32 y p. 202).

Perspectiva  
**01**

Transformar el transporte requiere descarbonización y movilidad sostenible.

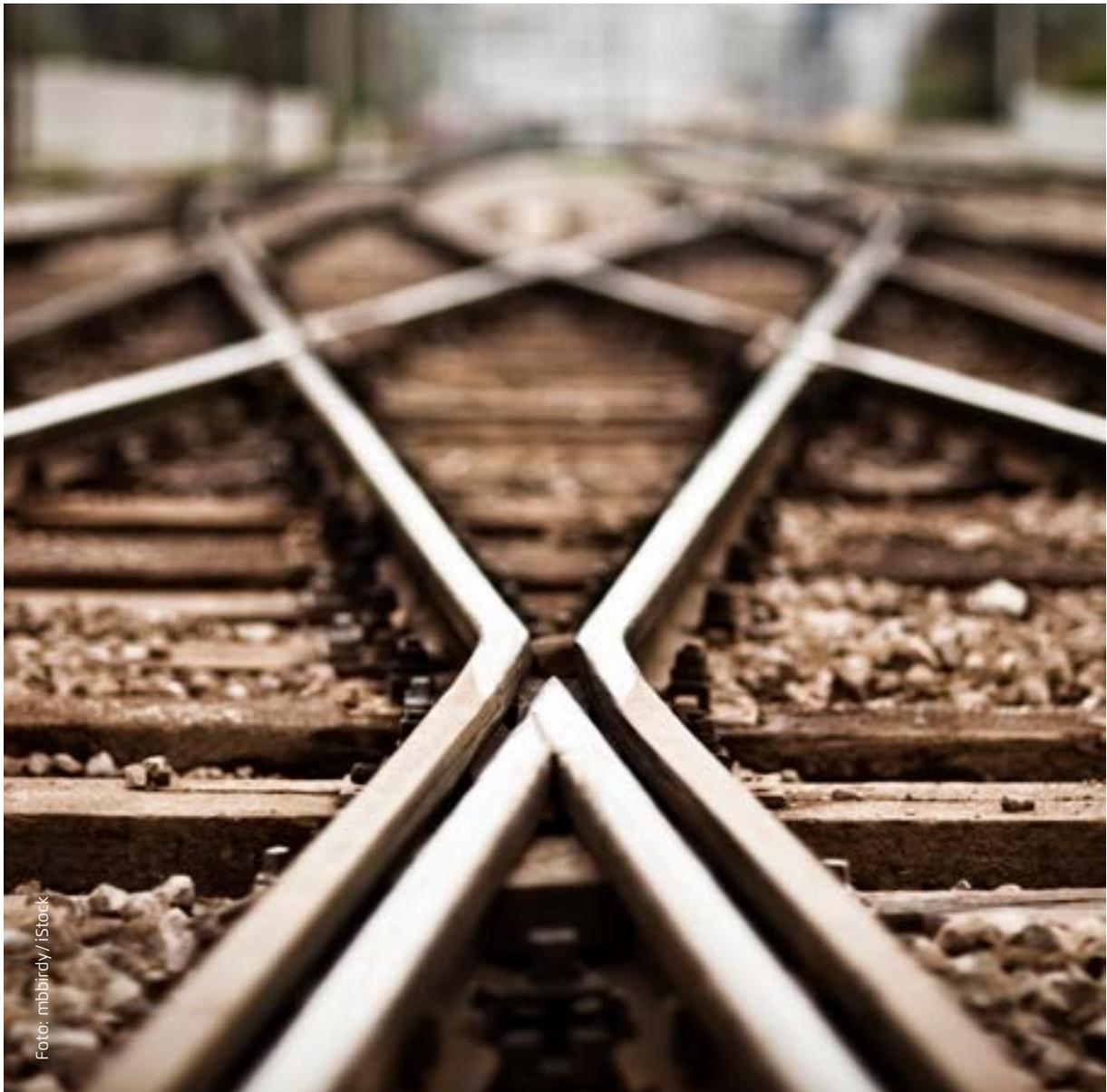


Foto: mbbirdy/iStock

La energía es un recurso limitado. Esto no solo es cierto para los combustibles fósiles, sino también para la energía renovable. Hay limitaciones tecnológicas sobre la cantidad de energía que se puede obtener de la luz solar, el viento, la biomasa y la energía hidráulica. Pero incluso si este no fuera el caso, una expansión masiva de las renovables podría traer consecuencias no deseadas para las personas y el ambiente.

Aunque en general el apoyo a la generación de energía a partir de fuentes renovables es alto, el apoyo público todavía plantea algunos problemas. Las estaciones de energía renovable, en particular las turbinas eólicas, no son bienvenidas en todas partes,<sup>22</sup> y a medida que crece su número, también crece la resistencia.<sup>23</sup> Por lo tanto, la energía neutra en carbono debe usarse con tanta efi-

ciencia como los combustibles fósiles. Usar las renovables eficientemente también mantiene bajos sus costos de generación.

El hecho de que la cantidad de energía renovable será limitada por el futuro previsible tiene consecuencias para la transformación del sector del transporte. Significa que reemplazar motores de combustión por motores eléctricos no es suficiente. Reducir el uso de energía y cubrir la demanda restante con energía neutra en carbono es esencial. Por lo tanto, la transformación del transporte se apoya necesariamente sobre dos pilares: la "transición de la movilidad" y la "transición energética en el transporte" (figura 1.1).

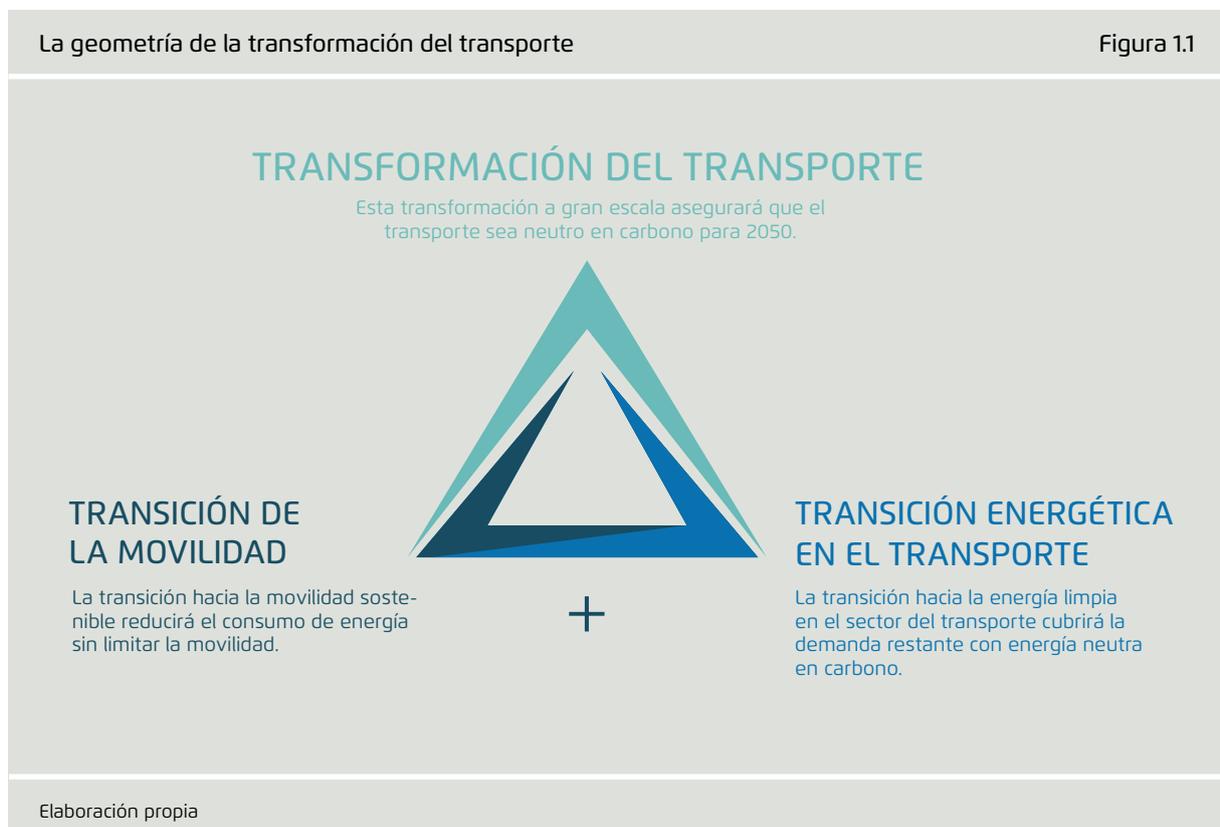
El primer pilar, la transición de la movilidad (conocida en alemán como *Mobilitätswende*), se trata de cambiar cómo se mueven las personas. Su objetivo es la eficiencia, o sea disminuir el consumo final de energía en el sector del transporte sin restringir la movilidad individual. Los avances tecnológicos han aumentado las opciones de movilidad y hecho más fácil el viaje multimodal (el uso

22 Véase *Tagesspiegel* (2016).

23 A fines de 2016, había 28.217 turbinas eólicas en Alemania. Estas eran responsables del 11,9% de la producción bruta de electricidad de Alemania. Véase BWE (2017) y AGE B (2016b).

La geometría de la transformación del transporte

Figura 1.1



de múltiples tipos de transporte para un único viaje). Las políticas energéticas y las tendencias sociales generales harán posible impulsar acciones para reducir, reorganizar y mejorar el transporte.

El segundo pilar, la "transición energética en el transporte" (*Energiewende im Verkehr*) es principalmente un desafío tecnológico. Específicamente, ¿cómo podemos satisfacer la demanda de energía del transporte usando energía eficiente y neutra en carbono? Superar este problema requerirá medidas adecuadas y apoyo político.

## La transición de la movilidad permite la misma movilidad viajando menos kilómetros

Las personas desean ser móviles porque no pueden satisfacer todas sus necesidades en un solo lugar. Pero movilidad no es lo mismo que transporte, que es simplemente un modo de atravesar una distancia. La movilidad puede implicar viajes largos o cortos; puede requerir mucho o poco esfuerzo; puede costarle mucho o poco al ambiente. El número de kilómetros viajados no es la medida clave de la movilidad.<sup>24</sup>

Durante las últimas décadas, las tendencias de construcción de viviendas ha hecho crecer la cantidad de tráfico en las calles.<sup>25</sup> Al mismo tiempo, los vehículos privados se han vuelto el medio de transporte dominante en una sociedad que pone un mayor énfasis en la individualidad.<sup>26</sup> Las tendencias de tráfico resultantes han demostrado ser difíciles de cambiar, y muchos intentos de frenar la congestión y promover un transporte amigable con el ambiente no han tenido éxito.

Sin embargo, se ven cambios en el horizonte. Durante los últimos diez años, ha habido señales de un cambio fundamental en las actitudes de las personas hacia los automóviles. Cada vez más, las poblaciones urbanas en Norteamérica, Europa y partes de Asia ven la conducción como algo molesto en vez de placentero. Las personas están buscando —y encontrando— alternativas a los vehículos privados.

Las tecnologías de digitalización y comunicación han ayudado a hacer posible este cambio. (La Perspectiva 5 aborda más al respecto.) Los patrones emergentes de comportamiento de viajes requieren menos transporte y dependen de múltiples modos de viaje vinculados entre sí. Estos nuevos patrones de comportamiento a menudo dependen de aplicaciones innovadoras para teléfonos inteligentes que permiten a los usuarios cambiar fácilmente entre modos de transporte. Los beneficios son obvios. Sustituir los vehículos privados por trenes, por ejemplo, hace que las personas no necesiten encontrar un lugar para estacionar. Y el alquiler de automóviles a corto plazo permite que las personas elijan el vehículo que necesitan en un día determinado, ya sea un convertible o un todoterreno. Con nuevas formas de comportamiento ahora posibles, los hábitos de las personas continuarán cambiando, y los efectos dañinos de la movilidad sobre el ambiente disminuirán.

Transformar la movilidad implica menos disminuir el movimiento que cambiar su calidad: planificar rutas más eficientemente; combinar opciones de transporte amigables con el ambiente; reducir el tráfico. Un sistema de movilidad nuevo y multimodal como este mejorará la forma en que se mueven personas y mercancías mientras que ayuda a mitigar el cambio climático.

Tal sistema requiere del marco regulatorio correcto. Afortunadamente, las nuevas tecnologías les permiten a los diseñadores de políticas alinear el sector del transporte con los objetivos climáticos de forma más efectiva que nunca. Pueden promover nuevos servicios de movilidad implementando instrumentos fiscales y regulatorios de varias formas, p. ej. para mejorar la gestión del estacionamiento público.

Con seguridad, se necesitarán medidas políticas firmes para aprovechar el enorme potencial de esta transformación. Estudios estiman que un nuevo sistema de movilidad podría reducir el consumo de energía en el sector del transporte en alrededor de un 25% para 2050. Con el descenso que ya se espera a causa de las medidas de eficiencia,<sup>27</sup> el sector del transporte podría ver una reducción del uso de energía de más de la mitad de lo que se consumía en 2005.<sup>28</sup> Este resultado excedería

24 Becker, U. (2016), p. 17.

25 La investigación muestra que estas tendencias son difíciles de revertir. Véase SRU (2005), p. 135.

26 Véase Knie, A. (2016), p. 43

27 Véase Ifeu, INFRAS, LBST (2016), p. 153 ss. y p. 189..

28 Véase Ifeu, INFRAS, LBST (2016), p. 189.

significativamente los objetivos a largo plazo definidos en el Plan de Energía 2010 de Alemania – y mantendría el volumen de energía neutra en carbono necesaria para el sector del transporte en un mínimo. Recuerde: ahorrar energía significa tener que generar menos de energía.

## Transición hacia la energía limpia, transporte neutro para el clima

A diferencia de la transición de la movilidad, la transición energética en el transporte es principalmente una cuestión de tecnología. Pero también requiere apoyo político. El transporte neutro en carbono requiere energía neutra en carbono.

Y dicha energía, que en Alemania proviene principalmente de la luz solar y el viento, está disponible solo en cantidades limitadas, y esto permanecerá así por el futuro previsible. Sin embargo, el Acuerdo de París requiere que Alemania y los otros firmantes descarbonicen sus economías. Esto significa por el momento que todos los sectores –industria, hogares privados, el sector del transporte y demás– compitan por la misma cantidad limitada de electricidad libre de carbono. Si se canibalizan entre sí en el proceso, el efecto neto sobre las emisiones será cero. Por esta razón, una transición hacia la energía limpia en el sector del transporte requiere un influjo adicional de energía neutra en carbono.

La electricidad es la forma más sencilla de inyectar más energía neutra en carbono en la economía, y jugará un papel importante en la propulsión de los vehículos del futuro. Para ello hay dos razones. Primero, todavía hay mucho margen para que Alemania aumente la electricidad a partir de energía solar y eólica, las fuentes más importantes de energía neutra en carbono del país. Segundo, la electricidad puede servir como una fuente de energía directa para los vehículos motorizados. Además, esa electricidad se puede convertir en combustibles de cero emisiones como el hidrógeno. Sin embargo, el problema de convertir electricidad, es que el proceso en sí requiere energía. Cuanta más conversión, menos energía solar y eólica queda disponible como energía final. Y como el proceso de conversión es técnicamente exigente, aumenta el costo de la energía. Esto significa que la manera más eficiente de usar electricidad es de forma directa.

Para resumir, las cuestiones involucradas en transformar el sector del transporte están entrelazadas:

- Cuanto más eficiente se vuelva la movilidad, se necesitará menos energía renovable en el sector del transporte.
- Cuanta más electricidad renovable se convierta en combustible, más energía eólica y solar se necesitará para alcanzar el mismo número de kilómetros viajados.
- Cuantas más estaciones de energía eólica y solar se requieran para el sector del transporte, mayor será el impacto ambiental de la transición energética en el transporte y, posiblemente, mayor será la resistencia pública.

Por lo tanto, la mejor opción para la transición energética en el transporte es usar electricidad directamente en forma de automóviles a batería y catenarias para autobuses, trenes y camiones. Aunque, en vista de las numerosas incertidumbres que surgen al introducir nuevas tecnologías, no se deberían descartar alternativas hoy. La regulación estatal debe estar abierta a las nuevas tecnologías.

## Elaborar un marco político para la transformación del transporte para 2030

Por supuesto, la tarea principal de los diseñadores de políticas no es determinar qué tecnologías usar. Ese es el trabajo de la oferta y la demanda. Pero las políticas gubernamentales pueden proporcionar un marco regulatorio que promueva un sector del transporte neutro en carbono, p. ej. estableciendo estándares de CO<sub>2</sub> para los vehículos. Es importante que los diseñadores de políticas identifiquen objetivos a corto y mediano plazo para cumplir las obligaciones de los tratados climáticos internacionales, y que definan un camino claro para llegar ahí. Los avances tecnológicos solos –vehículos eléctricos, innovaciones digitales, etc.– no reducirán las emisiones de CO<sub>2</sub>.<sup>29</sup>

La experiencia nos muestra que transformar el sector del transporte requerirá cambios fundamentales al marco regulatorio a nivel alemán y europeo. Las futuras inversiones en infraestructura deberán estar diseñadas para reducir emisiones, y el Estado debe enviar señales dirigidas a los usuarios del transporte que dirijan

29 Véase OECD, ITF (2017), p. 14.

su comportamiento hacia la dirección correcta. Los tomadores de decisiones tienen a su disposición varios instrumentos para este propósito: tasas, recargos, restricciones y estándares basados en el principio de contaminador-pagador, y programas de financiación basados en el principio de carga compartida. Lo que no funciona es descartar incentivos, tabuizar el derecho normativo o dar prioridad a presupuestos balanceados. Esto pondrá trabas a la acción gubernamental.

A mediados de 2016, la Comisión Europea estableció la agenda para la movilidad de bajas emisiones.<sup>30</sup> Pero muchos estados miembros, incluyendo Alemania, muestran pocos signos de cumplir con los cambios buscados. Por ejemplo, el Plan de Infraestructura de Transporte 2030 de Alemania no contribuye virtualmente en nada a la reducción de emisiones. (La Perspectiva 10 aborda más al respecto.) Asimismo, las políticas alemanas están plagadas de inconsistencias: promueven la compra de vehículos eléctricos mientras recortan los impuestos al diésel e introducen un impuesto a los automóviles de las compañías que favorece los viajes frecuentes y no ofrece incentivos para el uso de automóviles de bajas emisiones. Esto lleva a más motorización y más emisiones de CO<sub>2</sub>.<sup>31</sup> La falta de un límite general de velocidad en la autopista solo aumenta el problema.

Los mejores estudios disponibles hoy en día argumentan a favor de la electrificación del sector del transporte. Esto requerirá un sistema de movilidad integrado y basado en electricidad que abarque varios modos de transporte; la generación baja en carbono de electricidad, hidrógeno y combustibles basados en electricidad; y la adopción de principios de transporte sostenible. Para 2030, el 20% de todos los vehículos de carretera –100 millones de automóviles solamente– deberán funcionar con electricidad.<sup>32</sup> Es poco probable que el objetivo del gobierno alemán de llevar seis millones de automóviles eléctricos a las calles para 2030 sea suficiente para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones en el sector del transporte de Alemania.

30 Véase EU COM (2016a).

31 Véase Destatis (2016c). Según la Oficina Federal de Estadísticas, el aumento de la potencia promedio del motor de vehículos motorizados recién certificados en 2015 ha generado emisiones adicionales de CO<sub>2</sub> de un 9.3 millones de toneladas en comparación con las de 2008.

32 Véase UNFCCC (2016b).

La transformación del transporte es una tarea a largo plazo que abarca múltiples áreas de la economía. Dicha tarea requiere políticas cohesivas.<sup>33</sup> Esto significa que los diseñadores de políticas en varios niveles del gobierno, desde el nivel de la UE hasta municipalidades locales, deben coordinar sus actividades. Si se neutralizan o incluso obstaculizan entre sí, la transformación no será posible. Lo mismo sucede con las políticas de diversas áreas sectoriales; éstas también deben armonizarse para funcionar. Alemania podría enviar una importante señal si los oficiales gubernamentales se pusieran de acuerdo pronto sobre una estrategia general para transformar el sector del transporte. Una estrategia inteligente definiría pilares estructurales vitales, instrumentos de política, reformas y objetivos. Una meta crucial es reducir las emisiones en el sector del transporte de un 40% a un 42% para 2030, un objetivo que ha sido adoptado por el gobierno federal.

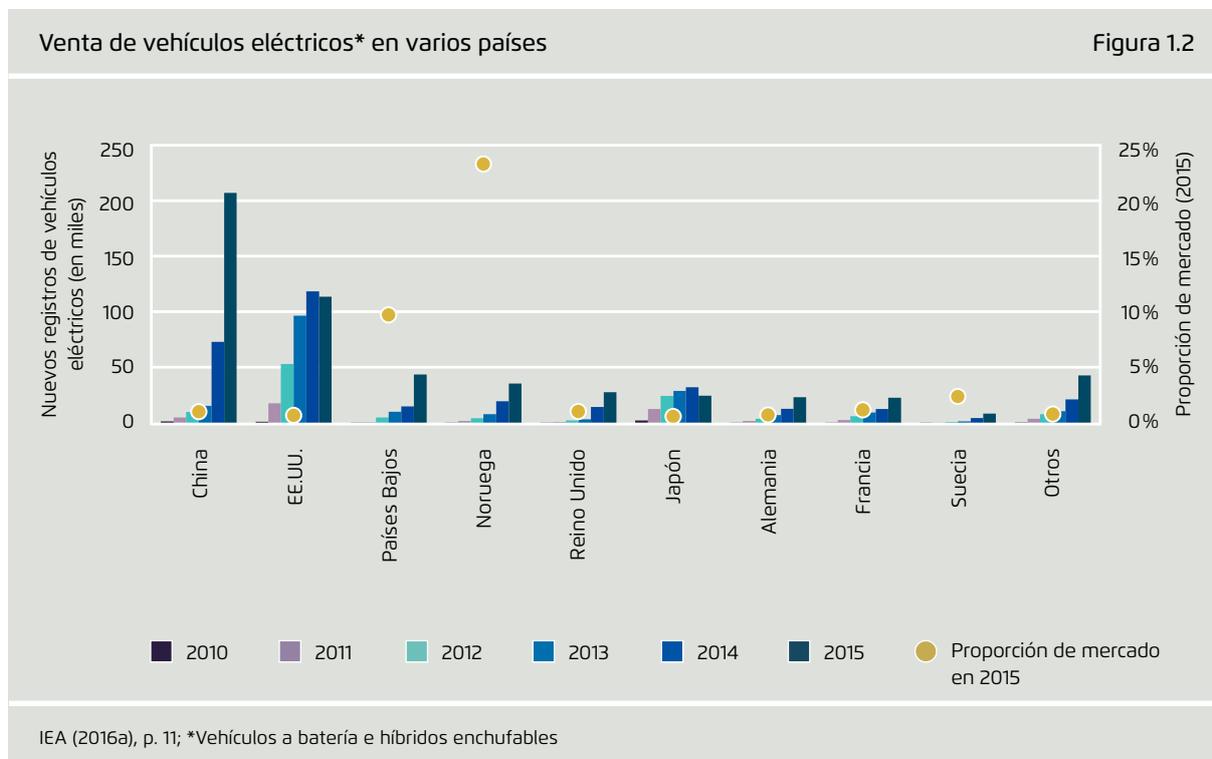
Una estrategia general es todavía más importante considerando que esta transformación no abarca solo el tráfico y el ambiente. También abarca la industria alemana, los empleos, la prosperidad económica y salud de las personas. Indicadores tales como la proporción de mercado de los vehículos eléctricos muestran que algunos países ya han hecho grandes avances en la reestructuración de sus respectivos sistemas de transporte con el fin de reducir la contaminación del aire, reducir la dependencia del petróleo y asegurar una ventaja sobre futuros mercados.<sup>34</sup> Alemania aún no se encuentra entre los pioneros (figura 1.2).

Cuanto más dude Alemania y mientras otros países se adelanten, más atrás se quedará y tendrá menos tiempo para prepararse para un cambio estructural inevitable. Y sin una transformación del sector del transporte, Alemania puede perder su atractivo como centro de producción industrial.

Visto más de cerca, la transformación también representa un desafío social altamente complejo. Exige que millones de personas cambien sus comportamientos de rutina y abandonen hábitos que han asumido un carácter ritual.

33 El gobierno federal ha enfatizado que se debe mejorar la cohesión de las políticas que promueven el desarrollo sostenible. Véase Bundesregierung (2016a), p. 43.

34 Véase, por ejemplo, IEA (2016a).



Esta es una diferencia fundamental entre la transformación del transporte y la transición energética. Como una política bipartita después del desastre nuclear de Fukushima, la transición de la energía en Alemania se ha enfocado mayormente en cambiar la producción de electricidad, pero no ha alterado el producto en sí mismo. Los consumidores no deben cambiar su comportamiento. Incluso a medida que crece la proporción de energía solar y eólica, las tomas de corriente aún dan electricidad a 220 V y 50 hercios. En contraste, la transformación del transporte depende crucialmente de cambios de comportamiento voluntarios. En consecuencia, la necesidad del cambio se debe comunicar de forma convincente, y se debe dar tiempo a la adopción de nuevos hábitos. A juzgar por experiencias pasadas, tales procesos suelen llevar décadas, no años. Por esto se necesita tomar acción de inmediato.

### La transformación del transporte solo tendrá éxito con cooperación internacional

La transformación del sector del transporte requerirá un nuevo ímpetu cooperativo a nivel internacional, especialmente en Europa. Por una parte, el transporte no termina en las fronteras de Europa y, por otra parte, las emisiones del transporte no están reguladas por el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la UE. La estrategia de la UE para la movilidad baja en emisiones crea un marco de referencia para el desarrollo futuro y para estándares específicos de vehículos, combustibles y tecnología usando diversas directivas, tanto planificadas como ya en efecto.<sup>35</sup>

Cuanto más ambiciosas sean las medidas de la UE, menos regulaciones deberán ser aprobadas a nivel nacional para una exitosa transformación del sector del transporte. Además, cuando los países intentan hacer las cosas por su cuenta, tienden a encontrarse con resistencia de los grupos de interés nacionales, y se arriesgan

35 Véase EU COM (2016a).

a que sus políticas sean incompatibles con el mercado común de la UE – otra razón para priorizar un enfoque coordinado de toda Europa.

Hoy en día, la transformación del sector del transporte ha crecido hasta más allá de las fronteras de Europa, y China y California se han vuelto pioneras. Sus experiencias pueden ser valiosas para las discusiones actuales en Europa. Del mismo modo, el progreso de Alemania en la transformación del sector del transporte podría disparar desarrollos en otros lugares. Hay un precedente para asumir esto: sin la Ley Alemana de Fuentes de Energía Renovables (EEG, por sus siglas en alemán), por ejemplo, que incentivó avances tecnológicos, la energía eólica y solar no serían asequibles para muchos países en desarrollo. China y California han disparado efectos similares para los costos de baterías, para beneficio de Alemania y Europa. En el futuro, la transformación del transporte también ayudará a los países en desarrollo a introducir transporte amigable con el clima y, en el proceso, promover la justicia internacional. Que los proveedores actuales también puedan ganar dinero a partir de la difusión de nuevas tecnologías de transporte a mercados internacionales es un efecto adicional bienvenido.

También se necesita cooperación internacional por otra razón. La digitalización del sector del transporte y la adopción de tecnologías de motores eléctricos solo serán posibles si la importación de ciertas materias primas (p. ej. litio, cobalto) o de combustibles eléctricos neutros en carbono aumentan en una escala masiva. En principio, el mercado equilibra la oferta y la demanda. Para evitar escasez o monopolios, se necesita urgentemente cooperación internacional, especialmente durante la fase inicial del mercado de las nuevas tecnologías del transporte. Tal cooperación creará la base para el desarrollo de capacidades de extracción y procesamiento en países extranjeros, asegurando a la vez que los picos de demanda no eleven los precios, lo que frenaría la transformación. De cualquier manera, se necesita una estrategia para la cooperación a pesar de la competencia para asegurar la seguridad de la oferta y la disponibilidad de recursos necesarias para la transformación del transporte. Esta necesidad de cooperación convierte, por lo tanto, a la transformación del transporte en un elemento de la política de paz y seguridad internacional.

Perspectiva 01 | Transformar el transporte requiere descarbonización y movilidad sostenible.

Perspectiva

# 02

La eficiencia es el principio guía de la transformación del transporte.



Foto: LydiaGoolia / iStock

La transformación del transporte traerá grandes cambios a la vida diaria de las personas. Un objetivo clave de la transformación es descarbonizar el sector del transporte usando los recursos disponibles —incluyendo recursos humanos, energía y dinero— de la forma más eficiente posible. La transformación planteará desafíos tecnológicos, pero primero y principalmente, desafiará a la sociedad. Su mayor prioridad —en concreto, la eficiencia— probablemente choque con los límites de la aceptación pública. Y cuando lo haga, el dogma deberá dejar el paso al acuerdo mutuo.<sup>36</sup>

### El kilómetro más barato es un kilómetro ahorrado

Proporcionar posibilidades para que las personas satisfagan sus necesidades de movilidad sin hacer viajes largos usando transporte motorizado es el modo más eficiente de transformar el sector del transporte (como explica en más detalle la Perspectiva 3). Menos kilómetros viajados significan menos potencia motriz, y menos potencia motriz significa menos energía generada y un menor impacto ambiental. La zonificación funcional (durante décadas el paradigma dominante en la plani-

36 Los efectos de distribución o consecuencias no deseadas de la flexibilidad de sistemas, junto con una falta de aceptación pública, también pueden reducir la prioridad de la eficiencia. Véase Löschel, A. y otros (2016), p. 35 y siguientes.

ficación urbana) y los esfuerzos continuos por hacer que los lugares lejanos sean más fáciles de alcanzar no ayudarán a esta transición. La reestructuración en aras de una mayor eficiencia requerirá tiempo y la voluntad política de aprobar leyes que dejen de enfocarse en eliminar obstáculos para el tráfico vehicular.<sup>37</sup>

### La digitalización aumenta la eficiencia

Las tecnologías digitales y nuevos modelos de negocios pueden conseguir avances en eficiencia incluso a corto plazo. Limitan el daño ambiental no tanto reduciendo la necesidad de transporte o acortando las rutas sino cambiando el comportamiento de la gente.

Ahora los individuos tienen una alternativa práctica y atractiva a poseer vehículos privados gracias a la red digital de modos de transporte no motorizados, transporte público, y servicios de automóviles y viajes compartidos. Los vehículos autónomos también pueden tener un efecto positivo sobre el ambiente, siempre que se los use eficientemente (al respecto véase la Perspectiva 5). Con las tecnologías digitales, estos modos de transporte se pueden usar mejor y la gestión del tráfico se puede volver más inteligente. Esto resultará en más eficiencia y crecimiento económico, como ilustra la figura 2.1.

37 Véase Difu (2011b), p. 5.

Ganancias en eficiencia	miles de millones de €	Estímulos al crecimiento	miles de millones de €
Ahorros en combustible y tiempo gracias a una gestión inteligente del tráfico (M2M, sistemas de guía de tráfico, conectividad GPS, etc.)	4,4	Nuevos servicios basados en soluciones de movilidad inteligente (p. ej. apps para transporte multimodal)	1,1
Distancias de viaje y costos reducidos gracias a la logística inteligente (flujos de tráfico automatizados basados en datos de sensores y funciones de TI centralizadas)	3,6	Nuevos servicios de logística, incluyendo servicios basados en infraestructura de logística inteligente	0,9
<b>Ahorros anuales totales</b>	<b>8,0</b>	<b>Crecimiento anual total</b>	<b>2,0</b>

Beckert, B. (2012), p. 32

## Vehículos económicos muy demandados

La regla de la eficiencia también aplica a los vehículos (véase la Perspectiva 6), si bien no es suficiente para alcanzar los objetivos de la transformación del transporte. De acuerdo con la ley de la UE, la eficiencia energética se define como la proporción entre resultados de rendimiento y consumo de energía.<sup>38</sup> Es decir, un motor vehicular con más caballos de fuerza pero el mismo consumo de combustible que su predecesor es más eficiente. Sin embargo, dicho motor todavía emite la misma cantidad de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, cuando se trata de tecnología vehicular, la regla de la eficiencia debe ser complementada por otra: en concreto, la regla de la economía. Esta dicta que debemos usar la energía disponible de manera frugal, no solo eficiente. De hecho, para que la transformación del transporte tenga éxito, necesitamos vehículos livianos construidos para un menor uso de energía, no para alto rendimiento y velocidad.

La regla de la economía también aplica a los vehículos que funcionan a batería. Es cierto que los motores eléctricos son más eficientes que los motores de combustión, pero varían entre sí en la cantidad de electricidad que usan dependiendo de su diseño, su potencia, su peso, entre otros.

En China, los automóviles eléctricos compactos con velocidades limitadas, llamados vehículos eléctricos de baja velocidad o LSEVs, están en auge, con más de 600.000 unidades vendidas en 2015. Estos automóviles son pequeños, flexibles, baratos – y en gran medida no regulados. Son más energéticamente eficientes que los vehículos comparables con motores de combustión, pero son menos eficientes que el transporte público y que los vehículos de dos ruedas.<sup>39</sup> Todavía no está claro si son apropiados para el mercado alemán.

Las motocicletas eléctricas también están gozando de una creciente popularidad. Se estima que en 2015 hubo más de 250 millones de motocicletas eléctricas en las calles solo en China. En Alemania, están lejos de esa cifra, con

no más de 7.300 en uso.<sup>40</sup> Sin embargo, el número de bicicletas eléctricas está en aumento. Se vendieron considerablemente más pedelecs en 2016 que en 2015 (aunque la tasa de crecimiento interanual ha disminuido).

## Oferta de energía eficiente

Los vehículos están atados a la energía que los hace funcionar. Lo que es finalmente relevante para el clima es el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> del transporte motorizado – y no, por ejemplo, si ocurren durante la transformación de la energía en potencia. Todo el proceso es importante *del pozo a la rueda*. La eficiencia vehicular (*del tanque a la rueda*) y la producción de combustible (*del pozo al tanque*) son, por sí mismas, medidas insuficientes para juzgar los impactos sobre el clima. Lo que realmente importa es la eficiencia del sistema completo (como se discute en las Perspectivas 6 y 7).

Los motores eléctricos son fundamentalmente más eficientes que los motores de combustión, y no emiten CO<sub>2</sub> localmente. Pero no son neutros en CO<sub>2</sub> si su electricidad se genera usando combustibles fósiles. La proporción de renovables en la mezcla de electricidad alemana ahora es de alrededor de un tercio, y gracias a la promoción del gobierno de la electricidad renovable, está creciendo. A medida que aumente la producción de electricidad a partir de renovables, el transporte impulsado por electricidad se volverá más eficiente,<sup>41</sup> y la cantidad de emisiones de GEI que genera se acercará a cero. El uso directo de electricidad es la opción básica y la clave para la transformación del sector del transporte.

Si esta opción no es posible –ya sea debido a razones técnicas o a falta de aceptación social y política– se deberán considerar otras soluciones menos eficientes.

En tal caso, no se pueden descartar los motores de combustión interna en el tráfico de carretera, si bien son menos eficientes que los motores eléctricos. Sin

38 Artículo 2, párr. 4 de la Directiva Europea de Eficiencia Energética. Véase EU (2012).

39 Véase IEA (2016a), p. 23.

40 Véase KBA (2016), p. 8.

41 Las energías renovables no solo son neutrales en CO<sub>2</sub>; tienen un nivel de eficiencia del 100%, mientras que el nivel máximo de eficiencia de la electricidad generada a partir de combustibles fósiles es de un poco menos del 60%. Véase AGEBA (2011).

embargo, los motores de combustión solo pueden ser una opción para la transformación del transporte si sus emisiones de GEI se acercan a cero a pesar de su menor eficiencia. Incluso con las formas más ambiciosas de optimización vehicular,<sup>42</sup> las reducciones drásticas de emisiones de carbono solo serán posibles a través del uso de combustibles neutros en carbono generados a partir de electricidad renovable. Pero la producción de combustibles basados en electricidad requiere una gran cantidad de energía en sí misma, haciéndola significativamente menos eficiente que el uso directo de electricidad (véase la Perspectiva 7).

El transporte neutro en carbono con motores de combustión, entonces, está en una desventaja de eficiencia tanto en términos de pozo-al-tanque como en términos de tanque-a-la-rueda, lo que va en contra de su uso. Su desarrollo para mitigar el cambio climático a largo plazo solo sería aceptable bajo un marco regulatorio que requiera que los combustibles para tales vehículos se vuelvan gradualmente más bajos en carbono.

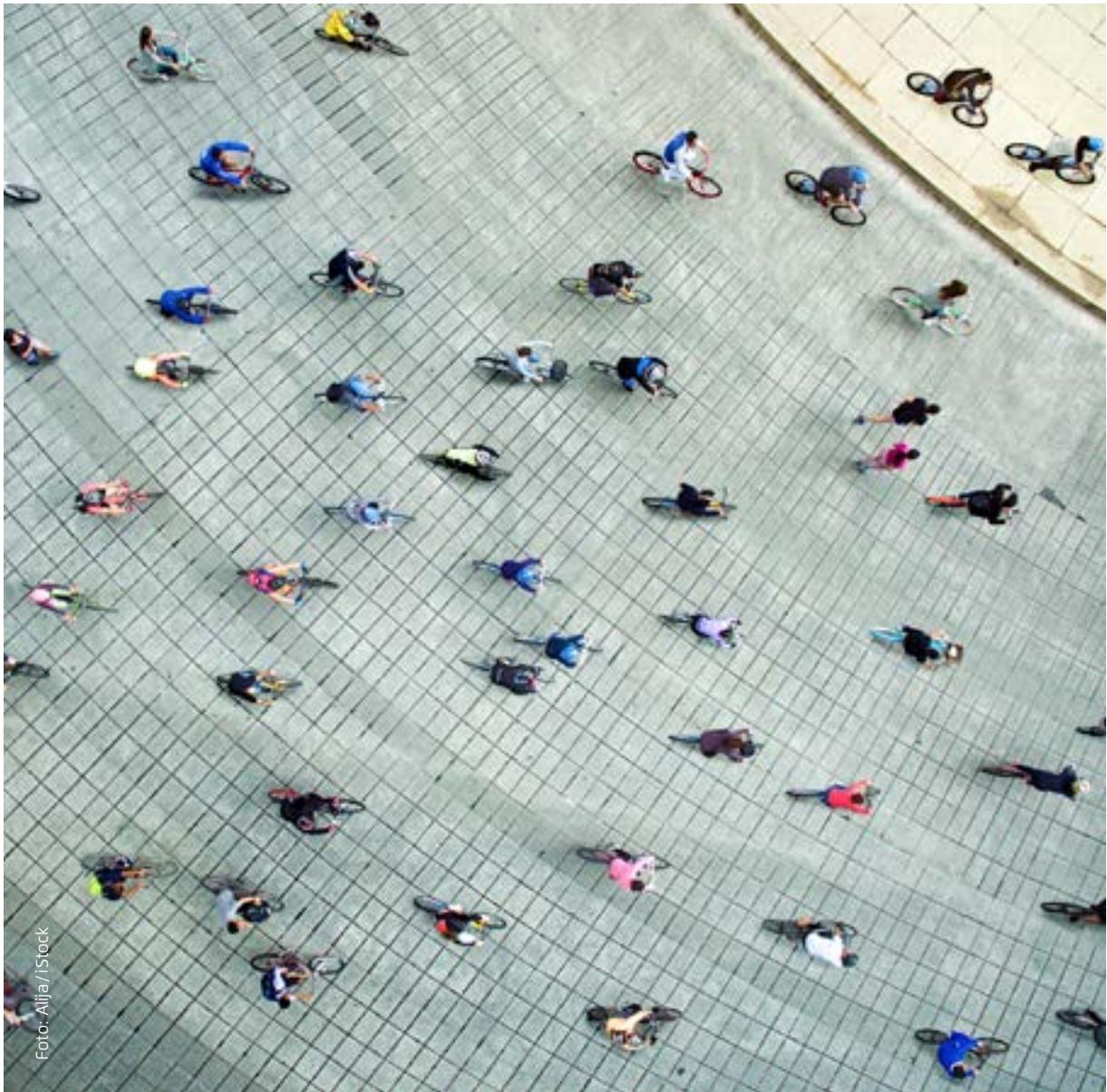
---

42 El potencial de optimización de los vehículos está lejos de haber sido agotado. Véase ICCT (2016a).

Perspectiva

03

En las ciudades, la transición de la movilidad ya ha comenzado.



Durante ya más de una década, el uso de vehículos privados en las grandes ciudades alemanas ha estado en declive. Al mismo tiempo, más personas se están moviendo en bicicleta, a pie, en transporte público y en automóviles de alquiler a corto plazo. Desarrollos como estos —impulsados en parte por tendencias sociales tales como menores tasas de propiedad de automóviles y menos adultos jóvenes con licencias de conducir— influyen en las opciones de transporte que están en demanda.<sup>43</sup>

Junto con las opciones tradicionales de movilidad urbana, cuyo pilar continúa siendo el transporte público, nuevas formas de transporte individual están siendo impulsadas por la digitalización, incluyendo servicios colaborativos tales como los autos compartidos, las bicicletas públicas y los viajes compartidos. Estos servicios han traído consigo nuevos tipos de infraestructura: nodos de movilidad intermodal, estacionamientos para bicicletas, estaciones de carga y otros. El creciente espectro de los servicios de movilidad les da a los habitantes de las ciudades un abanico de alternativas a poseer un vehículo privado que están vinculadas entre sí y no restringen su movilidad personal. Estas tendencias ayudarán a acelerar el alcance de objetivos climáticos en el sector del transporte, y deberían estar acompañadas de políticas que las incentiven y solidifiquen.

El transporte comercial de bienes y servicios —el alma de cualquier ciudad— plantea desafíos más difíciles. El rápido aumento de las ventas online ha llevado a una explosión de las entregas locales. El aumento en el tráfico crea contaminación acústica y del aire, requiere más espacio y causa un gran desgaste de la infraestructura. Las ciudades deben concebir políticas para enfrentar estos desafíos y, en algunos casos, necesitarán soluciones innovadoras.<sup>44</sup>

## Las ciudades atractivas no son amigables con el automóvil

El paradigma de la ciudad amigable con el automóvil, un producto de la era temprana de la posguerra, hizo del automóvil el punto focal alrededor del que giraba la vida

moderna; la ecología y las necesidades de los peatones y usuarios de bicicletas frecuentemente quedaban en segundo lugar. Este paradigma ya ha cumplido su ciclo. Una razón es un cambio de valores. Por ejemplo, el 82% de los alemanes encuestados hoy desea vivir en ciudades y comunidades donde tener un automóvil no sea una necesidad.<sup>45</sup> Los principios guía de hoy se enfocan más en cuestiones ambientales y sociales. El objetivo de crear ciudades habitables (lugares atractivos para visitar, vivir y trabajar) ha ganado cada vez más atención a medida que las ciudades compiten para atraer a empresas y trabajadores calificados.<sup>46</sup>

Un catalizador crucial para crear ciudades habitables es promulgar políticas modernas de desarrollo urbano y planificación del tráfico. Un objetivo clave al respecto es minimizar las distancias de viaje.<sup>47</sup> Una estructura urbana más densa combinada con un desarrollo urbano de uso mixto reduce el tráfico.<sup>48</sup> Esto permite que las personas hagan viajes más cortos, disminuye las distancias de entrega, reduce el consumo del terreno y lleva los servicios de movilidad a un nuevo nivel. Cuando la infraestructura anteriormente dominada por el tráfico de automóviles se reutiliza para peatones y usuarios de bicicletas y las calles y estacionamientos se convierten en parques, las personas vuelven a ser lo más importante.<sup>49</sup> Aún más, tal planificación puede disminuir el costo de mantener la infraestructura urbana y de operar el transporte público, aliviando así el peso sobre los presupuestos del gobierno y de los hogares.<sup>50</sup>

## Del transporte público y no motorizado a la red de movilidad

El transporte público confiable y conveniente aún es la columna vertebral del desarrollo urbano amigable con el clima. Es indispensable para la calidad de vida en áreas urbanas y para el funcionamiento de ciudades y regiones. Proporciona opciones de movilidad seguras y asequibles

43 Véase Ahrens, G. (2013) y DLR, infas (2010).

44 Véase Difu (2014).

45 Véase BMUB, UBA (2015), p. 35.

46 Véase Engel, B. (2015).

47 Véase Difu (2011b).

48 Véase Gehl, J. (2015), p. 87.

49 Ibíd.

50 Véase FGSV (2013).

para todos y asegura la accesibilidad, además de ser significativamente mejor para el ambiente que otros medios motorizados de transporte.<sup>51</sup>

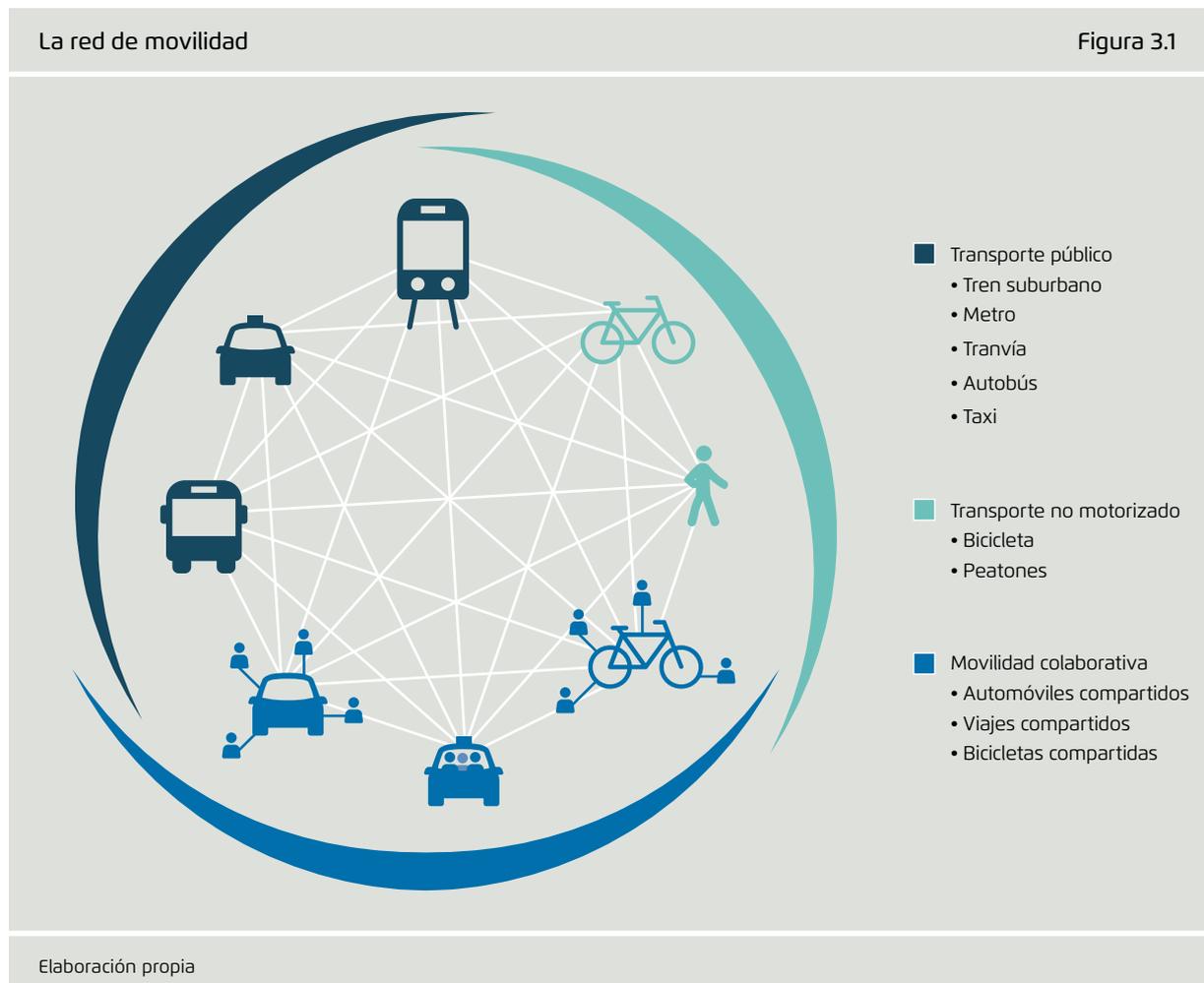
El desarrollo de la movilidad eléctrica puede hacer al transporte público aún más atractivo. Los buses eléctricos son más silenciosos que los convencionales y no producen emisiones locales. Por lo tanto, pueden aumentar la aceptación pública de rutas y paradas en áreas residenciales densas. Además, en comparación con las flotas de buses a diésel, pueden mejorar la calidad del aire, especialmente en el centro de ciudades con altas concentraciones de material particulado y dióxido de nitrógeno.<sup>52</sup>

51 Véase Gies, J.; Deutsch, V.; Beckmann, K.J.; Gertz, C.; Holz-Rau, C.; y Huber, F (2016).

52 Véase Difu (2015).

Durante los próximos años, el transporte público continuará cambiando a medida que emerjan nuevas tendencias y desarrollos. La tecnología de la información es un ejemplo que ya está cambiando cómo se mueven las personas. Las opciones de movilidad que ha generado —incluyendo servicios de movilidad compartida, buses interurbanos, etc.— se están integrando con formas tradicionales de ecomovilidad tales como el uso de bicicletas y transporte público. Los teléfonos inteligentes e internet hacen posible esta integración (véase la Perspectiva 5), ofreciendo a las personas acceso fácil y rápido a varias formas de transporte.

Los medios de transporte nuevos y los tradicionales se combinarán para formar “redes de movilidad” integrales (véase la figura 3.1). Estas redes desdibujan la línea entre el transporte público y privado y permiten a los usuarios



elegir una combinación óptima de varias opciones de movilidad sin depender de la propiedad de un vehículo. Esto no significa que los automóviles desaparecerán de las ciudades; al contrario, son un componente importante de la mezcla de la movilidad. Los números en aumento de las opciones de automóviles compartidos y bicicletas compartidas contribuyen a un transporte confiable mientras que disminuyen el uso de vehículos privados. La preocupación frecuentemente mencionada de que los servicios colaborativos canibalizarán al transporte público está errada: los usuarios del alquiler a corto plazo son pasajeros leales del transporte público, y viceversa.<sup>53</sup>

Esta transición en la movilidad urbana también afectará cómo viajan las personas desde las ciudades hacia otros lugares. A medida que más y más personas usen las nuevas redes de movilidad para sus viajes cotidianos, el valor de ser dueños de un vehículo privado solo para las vacaciones y excursiones ocasionales al campo declinará, mientras que los automóviles compartidos y los servicios de tren parecerán más atractivos. Como resultado, la forma en que las personas hacen viajes más largos cambiará para mejor.

Un factor clave para asegurar el uso público de dichas redes de movilidad es la expansión de los servicios de movilidad en todo el país. Deben estar disponibles no solo para los habitantes de grandes ciudades sino también para las personas que viven en las periferias urbanas y pueblos pequeños. Además, las opciones de movilidad deben ser confiables, accesibles y asequibles para todos. Para conseguir esto, los sistemas de transporte público requieren una base estable, especialmente en lo que respecta a la financiación. Esto puede hacer necesaria la reforma de las leyes municipales de financiación del transporte o la introducción de un impuesto local al transporte público. En cualquier caso, este es un desafío urgente que los niveles local, estatal y federal de Alemania deben enfrentar lo más pronto posible.<sup>54</sup>

## Las ciudades se benefician del tráfico peatonal y en bicicleta

La caminata y el uso de bicicletas son formas de transporte asequibles, saludables e inclusivas. No emiten gases de efecto invernadero ni contaminantes, requieren menos espacio y son silenciosas.<sup>55</sup> Además, la mayoría de las ciudades con un alto porcentaje de usuarios de bicicletas experimentan menos congestiones de tráfico.<sup>56</sup> Como resultado, la caminata y el uso de bicicletas son factores centrales en el transporte amigable con el ambiente y la calidad de la vida urbana.

Como modo de transporte, las bicicletas han experimentado un fuerte aumento de popularidad. El número de viajes que las personas hacen en bicicleta está creciendo, así como las distancias cubiertas.<sup>57</sup> Al mismo tiempo, las personas que dependen de la bicicleta para moverse tienden a moverse a escala local.<sup>58</sup> Esto reduce las distancias viajadas sin restringir la movilidad.

Para que la transición de la movilidad tenga éxito, es crucial que estos desarrollos positivos continúen, incluso frente a una posible resistencia pública. Las ciudades deben crear sistemas de infraestructura para bicicletas seguros y orientados a las necesidades. Cuando haya buenas vías para bicicletas disponibles, la gente las usará, y el número de ciclistas crecerá. Caminar trae beneficios similares al uso de bicicletas, aunque los planificadores urbanos solo han comenzado a prestar atención a los peatones recientemente. Crear el tipo correcto de infraestructura (redes ininterrumpidas de senderos bordeados de árboles, por ejemplo) estimularían esta tendencia. En conjunto, caminar y usar bicicletas pueden aumentar la proporción de transporte no motorizado en más del 50%. Incluso el sector del transporte de carga puede contribuir, donde las bicicletas de carga eléctricas y asistidas por electricidad representando un potencial aún no agotado.<sup>59</sup>

53 Véase Topp, H. (2013).

54 Véase Gies, J.; Deutsch, V.; Beckmann, K.J.; Gertz, C.; Holz-Rau, C.; y Huber, F (2016).

55 Véase FGSV (2014).

56 Véase Tomtom Traffic Index (2016).

57 Véase BMVBS (2012).

58 Véase Difu (2011a).

59 Véase FGSV (2014).

## Menos automóviles significan más espacio público valioso

El espacio urbano es limitado y, por lo tanto, valioso. La forma en que se usa determina si una ciudad es habitable y un lugar donde es deseable estar. Pero competir por el espacio entre diferentes grupos de residentes y viajeros puede llevar a conflictos.

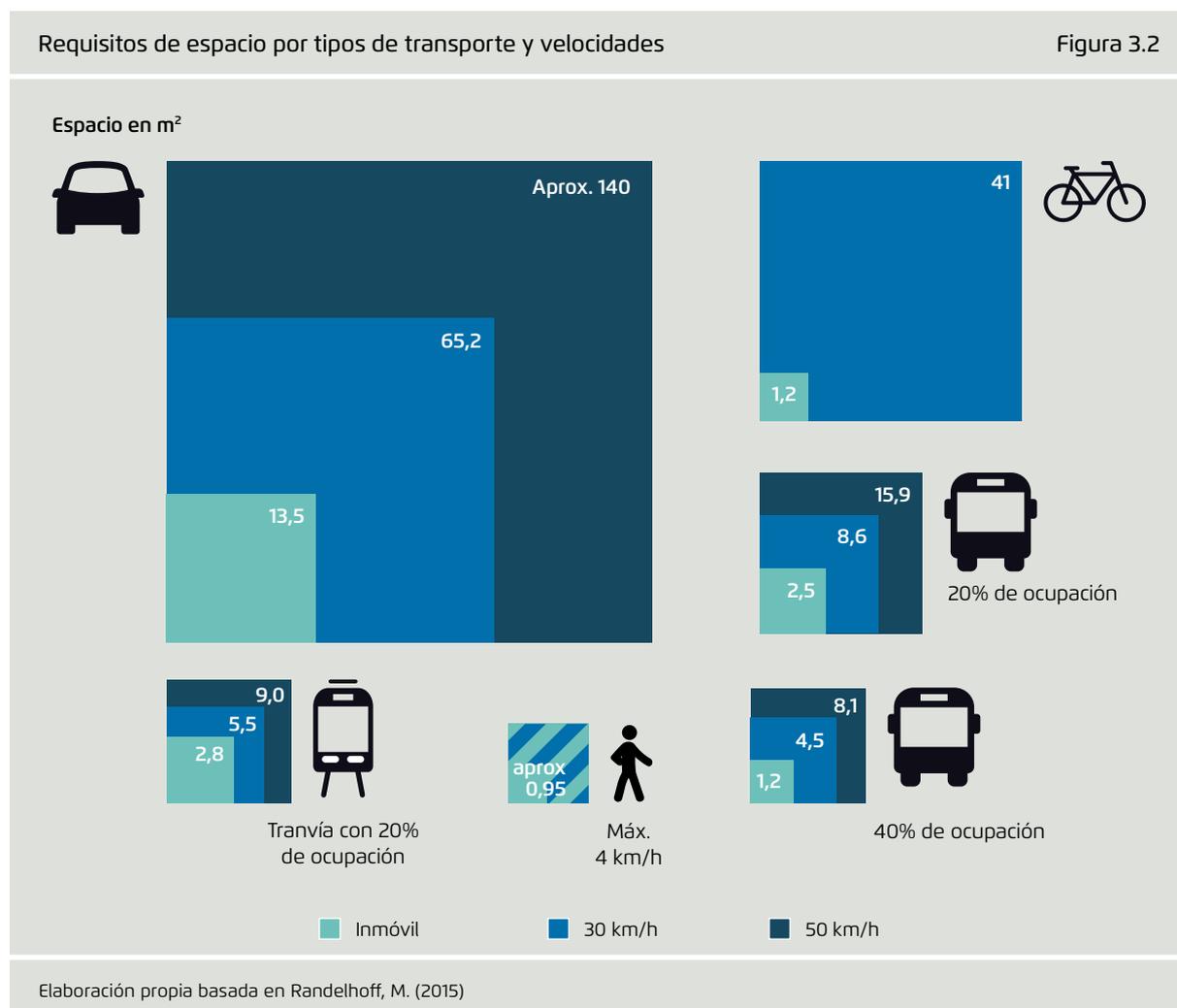
El transporte privado motorizado se adjudica la mayor cantidad de espacio público. Desde el punto de vista de la división modal, este tipo de transporte ocupa una porción desproporcionada del espacio urbano, y juega un papel predominante en cómo se diseñan las calles y se usa el espacio público (figura 3.2). En términos del bienestar común, los vehículos estacionados represen-

tan la utilidad "menos necesaria" y, por lo tanto, son los "que primero se puede desplazar".<sup>60</sup>

En muchas ciudades, grandes y pequeñas, la demanda de estacionamiento excede la capacidad. Esto afecta negativamente la calidad y el atractivo de las ciudades (p. ej. debido al estacionamiento en doble fila, carriles para bicicletas y camiones para peatones bloqueados, etc.). Además, los espacios de estacionamiento ocupan fondos municipales que no son necesariamente recuperables a través de tarifas de estacionamiento.<sup>61</sup> Sin embargo, las municipalidades tienen poderosos instrumentos a su disposición para liberar espacio y dirigir su uso. Estos

60 DStGB. Citado en AGFS (2012), p. 63.

61 Véase Bracher, T.; Lehmbrock, M. (2008).



instrumentos incluyen la gestión del espacio de estacionamiento y la promoción del alquiler de automóviles a corto plazo. La gestión del estacionamiento juega un papel clave en la planificación de sistemas de transporte integrados. Sus políticas dan forma al flujo del tráfico y el uso del terreno y pueden, por ejemplo, restringir el espacio disponible, priorizar el estacionamiento para entregas y residentes y reducir la contaminación acústica y del aire.<sup>62</sup> Pero las municipalidades alemanas tienen poca libertad para establecer políticas de estacionamiento. Pueden determinar qué zonas de estacionamiento están sujetas a tarifas, pero las multas de estacionamiento se establecen a nivel federal. Lo mismo sucede con el precio de los permisos de estacionamiento para residentes. En ciudades como Zúrich, Ámsterdam y Edimburgo, las autoridades municipales tienen mucho más espacio para maniobrar. La gestión del estacionamiento en ciudades alemanas sería más efectiva —más capaz, digamos, de reclamar el espacio urbano para su uso público— si tuvieran más libertad para determinar políticas locales.<sup>63</sup>

Otro instrumento importante para liberar espacio es la promoción del alquiler de automóviles a corto plazo y de los viajes compartidos, un tipo de transporte individual que sirve al bienestar común reduciendo la propiedad de vehículos privados y reduciendo la cantidad de espacio dedicado al transporte vial. Estudios empíricos de varias grandes ciudades han demostrado que un único vehículo de alquiler a corto plazo puede reemplazar de 8 a 20 automóviles privados.<sup>64</sup> Una comparación de los costos que debe pagar una compañía de autos compartidos por un espacio de estacionamiento público con el costo promedio de un permiso de estacionamiento residencial revela que los automóviles privados, que permanecen estacionados 23 horas al día en promedio, reciben niveles considerablemente más altos de subsidios públicos que los vehículos compartidos. Las compañías de autos compartidos pagan entre 25 y 85 euros por mes por el uso de un espacio de estacionamiento público. Los operadores libres pagan aún más. En contraste, el permiso de residente promedio por dos años cuesta entre 20 y 30 euros.<sup>65</sup>

Con el fin de promover el transporte compartido, las ciudades también deberían revisar las estructuras de tarifas existentes, especialmente en áreas donde se necesita incentivar esta modalidad. Para esto, los Estados federados y municipalidades de Alemania deberían aprovechar la reciente legislación nacional sobre alquiler a corto plazo, que hace posible que los gobiernos locales adjudiquen espacios de estacionamiento para autos compartidos.

Estas dos medidas —la gestión del estacionamiento y el autos compartidos— pueden ayudar a lograr un equilibrio entre intereses en competencia en el uso del espacio urbano y alejarse del típico foco actual sobre modos de transporte específicos. Como resultado, puede aumentar la capacidad de las ciudades de competir internacionalmente por residentes, trabajadores y empresas.

## El transporte de carga también puede ser neutro en carbono

El volumen del transporte de carga urbano ha crecido de forma mucho más pronunciada que lo predicho en años recientes, y se puede asumir que continuará creciendo en el futuro. En particular, la explosión de las ventas online ha aumentado en gran medida el tamaño de la industria de mensajería, expresos y encomiendas (CEP). En 2015, hubo casi 3.000 millones de envíos CEP en Alemania, o 5,9% más que el año anterior. Entre 2000 y 2015, el número de envíos CEP aumentó un 74%.<sup>66</sup> Este aumento ha sido acompañado por un creciente volumen de tráfico de carga y pasajeros.<sup>67</sup>

Este creciente volumen de vehículos no solo ha densificado el tráfico y hecho las rutas menos seguras. También ha aumentado la cantidad de contaminantes dañinos emitidos a la atmósfera (véase la Perspectiva 12). La mayoría del transporte de carga en Alemania es realizado por vehículos a diésel, que son responsables del 80% de las emisiones de dióxido de nitrógeno relacionadas con el tráfico de Alemania. Desde hace ya varios años, los niveles de dióxido de nitrógeno en la mayoría de los sitios de monitoreo al aire libre

62 Véase Becker, U. (2016).

63 Véase DST (2016).

64 Véase BCS (2016).

65 Véase el informe escrito publicado por BCS.

66 Véase BIEK (2016).

67 Véase Difu (2014).

en Alemania han superado aquellos definidos en los estándares de calidad de aire promulgados por la UE en 2010.<sup>68</sup> Como resultado, en 2015 la UE abrió un procedimiento de infracción contra Alemania. Si Alemania no toma acción efectiva pronto —por ejemplo, promulgando la prohibición de conducción a diésel— la UE impondrá fuertes multas. Además, organizaciones ambientales han presentado demandas contra el gobierno alemán sobre los niveles de contaminación del aire, poniendo más presión sobre los diseñadores de políticas.

El breve resumen sobre el sector del transporte de carga subraya la necesidad urgente de acción a nivel municipal. En su Libro Blanco de 2011 “Hoja de ruta hacia una única área de transporte europea”, la Comisión Europea recomendó que los países logren crear “logísticas municipales esencialmente libres de CO<sub>2</sub> en los grandes centros urbanos para 2030”.<sup>69</sup> Las soluciones necesarias para alcanzar este objetivo ya existen.

La primera solución llega en la forma de enfoques sostenibles a la logística de las ciudades. Típicamente, estos enfoques planifican puntos de recolección de mercancías fuera de las áreas urbanas. Es probable que la digitalización mejore tales sistemas agrupando envíos de diferentes proveedores, lo que reduce el número de viajes (véase la Perspectiva 5). También existe la opción de distribuir mercancías desde los puntos de recolección usando camiones livianos y depositándolas en nodos urbanos. Desde allí, pueden usarse bicicletas de carga asistidas por electricidad para entregar las mercancías a los consumidores. Proyectos piloto han demostrado que una distribución multimodal de mercancías es económicamente viable.

La segunda solución es el uso de vehículos eléctricos livianos para el transporte de mercancías en áreas urbanas. Las rutas urbanas usadas por los proveedores de CEP son muy adecuadas para este propósito, ya que además de ser eficientes y ágiles, la mayoría están dentro de los rangos de autonomía de los vehículos eléctricos. Además, se pueden usar sistemas inteligentes para cargar vehículos estacionados durante la noche en las terminales.<sup>70</sup>

Usar vehículos eléctricos para entregas en el centro de las ciudades beneficia a la comunidad de muchas formas: requiere menos espacio (especialmente si se usan bicicletas de carga eléctricas), reduce el ruido, y hace las calles más seguras. La planificación de logística urbana inteligente y amigable con el clima también ayuda a las compañías de envíos disminuyendo el número de recorridos de entrega, creando caminos de distribución eficientes y ahorrando costos.<sup>71</sup> No obstante, las estrategias municipales para implementar enfoques siguen siendo necesarias. Tales estrategias, incluyendo prohibiciones de conducción a diésel o sistemas de guía de camiones, pueden ayudar a las ciudades de varias formas para mantener al tráfico de carga fuera de áreas sensibles.

## Las ciudades necesitan más apoyo

Para abrir paso a la movilidad sostenible, las ciudades deben desarrollar sus propias visiones, definir metas y tomar acción. Esto requiere la voluntad de experimentar y de probar nuevas ideas, a veces no convencionales.<sup>72</sup> Las municipalidades deben tomar cursos más audaces que los del pasado si desean lograr un cambio duradero. Las comunidades deben preguntarse a sí mismas: ¿en qué clase de ciudad queremos vivir? ¿Y cómo puede el cambio tecnológico servir a la ciudad y no viceversa?

La transformación de los sistemas de transporte urbano es principalmente una tarea para la planificación municipal. Las ciudades conocen los desafíos y problemas que enfrentan; en muchos casos, las soluciones ya están disponibles. Lo que obstaculiza la transformación no es tanto la falta de conocimiento sino de implementación. ¿Cómo pueden los diseñadores de políticas y otros agentes públicos trabajar juntos para enfrentar la transformación de la mejor manera? ¿Cómo pueden las ciudades adoptar sistemáticamente las muchas y complicadas medidas necesarias para la transformación en lugar de solo llevar a cabo proyectos piloto individuales?

Los enfoques integrales, tales como integrar el desarrollo urbano con la planificación de sistemas de tráfico, son cruciales para alcanzar los efectos deseados de la movi-

68 Véase UBA (2017b).

69 EU KOM (2011), p. 144.

70 Véase TAB (2012).

71 Véase Difu (2014).

72 Véase DST (2016).

lidad sostenible y evitar consecuencias negativas. Pero la inclusión de planificación fuera de los límites de la ciudad también es importante. Especialmente en una época en la que las ciudades y las municipalidades locales están bajo más y más presión para reducir costos mientras mantienen o incluso mejoran la cantidad y calidad del servicio, se ha vuelto vital la cooperación entre comunidades.<sup>73</sup>

Tal cooperación necesita recursos humanos, dinero y tiempo. Pero también necesita alianzas entre el gobierno, la administración, el sector privado, la ciudadanía, el sector académico y los medios para asegurar un amplio apoyo y aceptación pública de los objetivos de las políticas. Las condiciones que moldean la acción varían de ciudad en ciudad. No hay una estrategia ideal que aplique a todas partes.<sup>74</sup> Esto no significa que los tomadores de decisiones deben reinventar la rueda cada vez. Hay muchos buenos enfoques que se pueden transferir de una ciudad a otra. Pero se necesitan expertos, líderes de opinión y ministerios para orientar la información hacia las autoridades locales.

Las municipalidades pueden tener autoridad sobre la planificación local, pero a menudo están restringidas en su implementación por la regulación de tráfico existente y la Ley de Transporte Público (*Personenbeförderungsgesetzes*, PBefG). Por lo tanto, dependen de los estados, el gobierno federal y la UE para impulsar la introducción de conceptos integrados para el desarrollo urbano a través de programas coordinados (tanto en términos de políticas como a través de ministerios), conocimientos compartidos y proyectos prácticos. Las municipalidades necesitan una financiación confiable del transporte local (véase la Perspectiva 10) y más espacio para maniobrar.<sup>75,76</sup> Los sistemas de incentivos que estimulan a las administraciones locales a probar nuevas formas de transporte sostenible y ponerlas en práctica son una forma inteligente de ayudar a las municipalidades a innovar.

Pero lo que las ciudades necesitan más que nada es estabilidad legislativa. Alemania debería aprobar las llamadas cláusulas de experimentación que faciliten la acción municipal, especialmente para probar políticas temporales o flexibles (véase la Perspectiva 5). Las regulaciones federales de tráfico vial de Alemania (*Straßenverkehrsordnung*, StVO) y, dado el caso, las de los Estados federados deben ser enmendadas para permitir la innovación sin una readaptación de políticas públicas que consuma mucho tiempo. Las medidas e instrumentos usados para implementarlas deben ser flexibles, pero también deben contribuir de forma apropiada a la protección del ambiente, a la mitigación del cambio climático y al bienestar común.

El éxito de la transición hacia la movilidad sostenible no será decidido solo por las ciudades. Los nuevos servicios de movilidad deben tener una presencia más fuerte en las regiones que rodean a las grandes ciudades con el fin de asegurar que la mayor cantidad posible de personas pueda llegar a donde necesitan ir.

73 Véase Beckmann, K. J. (2013).

74 Véase Difu (2015).

75 Un ejemplo de cómo se puede ampliar el margen de acción municipal es establecer a nivel local el precio de los permisos de estacionamiento para residentes. Actualmente, las directrices federales impiden a las municipalidades alinear las tarifas de permisos con, por ejemplo, el valor económico de las áreas.

76 Véase también DST (2016).

Perspectiva  
**04**

Las áreas rurales también se beneficiarán de la transición de la movilidad.



Foto: ollo / iStock

Las opciones de transporte en el centro de las ciudades son cada vez más diversas. Sin embargo, para la mayoría de los residentes rurales, los automóviles son el medio de transporte número uno. Para viajes largos e incluso más cortos, el automóvil es el medio de transporte más elegido por las personas fuera de áreas urbanas. Los automóviles también son la forma de transporte predominante entre quienes salen de excursión y viajes de vacaciones, lo que constituye una considerable proporción de los kilómetros totales conducidos en Alemania cada año. El inmenso desafío ahora para los diseñadores de políticas es desarrollar alternativas amigables con el clima a los automóviles convencionales. Una solución es aumentar la eficiencia a través de mejoras tecnológicas. Otra es mover la demanda del transporte hacia opciones de movilidad más amigables con el ambiente.

La mayoría de los alemanes vive en ciudades medianas y en las áreas suburbanas alrededor de grandes centros urbanos. El sueño de tener una casa en el campo es compartido por muchos. Los trabajos, sin embargo, usualmente se encuentran en el centro de las ciudades o en sus alrededores. En combinación con horarios de trabajo y situaciones de vida más flexibles, esto conduce a que hay más individuos dispuestos a viajar distancias todavía más grandes para ir al trabajo y más automóviles en las calles. Cuanto más separados están los asentamientos entre sí, mayor es la distancia que cada persona debe viajar cada día.<sup>77</sup> Los subsidios tales como la deducción impositiva de los gastos de desplazamiento del trabajador al lugar de al trabajo y los beneficios impositivos para automóviles de las compañías —que aumentan la cantidad de emisiones dañinas liberadas en la atmósfera— solo empeoran este problema.

## Los automóviles privados seguirán siendo importantes en áreas rurales

El número de kilómetros conducidos por día es más alto en el campo que en las ciudades. También lo es la disponibilidad de automóviles.

En lugares con menos de 50.000 residentes, se registran casi 600 automóviles por cada 1.000 residentes, mientras que en ciudades con más de 500.000 residentes, solo se

registran 360 automóviles por cada 1.000 residentes.<sup>78</sup> Por el contrario, la disponibilidad y calidad del transporte público disminuye a medida que disminuye la densidad de población. Ya que los automóviles están disponibles tan fácilmente, los servicios de transporte público no pueden competir. Sin embargo, el transporte público aún es un servicio público crucial para las personas discapacitadas y para aquellas que no tienen automóvil. Si bien en el campo los sistemas de transporte alternativos tales como plataformas de viajes compartidos y servicios compartidos se están volviendo cada vez más fáciles de usar a medida que se difunden las nuevas tecnologías, pasará algún tiempo antes de que surjan modelos comerciales viables debido a la demanda dispersa. Debido en parte a las provisiones de la Ley de Transporte Público (*Personen-Beförderungsgesetz*, o PBefG), un enfoque prometedor que ha sido en gran medida pasado por alto usa programas de financiamiento cruzada entre áreas de alta y baja demanda.

Hoy en día, la movilidad para residentes de áreas rurales depende en gran medida de los automóviles y esto no muestra signos de disminuir. Para asegurar que el uso de automóviles cumpla con los objetivos de mitigación del cambio climático, el gobierno debe hacer más para promover los vehículos eléctricos. Hay preocupaciones sobre el rango limitado de la autonomía de vehículos eléctricos, pero son fáciles de desmentir: los vehículos eléctricos pueden servir del 80% al 87% de todos los viajes hechos por residentes rurales y suburbanos.<sup>79</sup> Estudios detallados de perfiles de conducción típicos muestran que la autonomía de las baterías también es suficiente para rutas más largas.<sup>80</sup> La falta de estaciones de recarga, un problema recurrente en las ciudades, tiene un papel mucho menor fuera de los centros de las ciudades, ya que los automóviles eléctricos pueden recargarse fácilmente en casa. Una vez que la nueva legislación alemana para promover vehículos eléctricos entre en efecto, las personas también podrán cargar sus automóviles en el trabajo.<sup>81</sup> Además, la generación de energía en casa proporciona beneficios adicionales. Por ejemplo, los paneles solares en los techos pueden producir energía para cargar vehículos en casa (véase Perspectiva 9).

78 Ibid.

79 TAB (2012)

80 Fraunhofer ISI (2014)

81 BMF (2016)

77 Véase Canzler, W. (2016)

## La electrificación y la movilidad más limpia trabajan en sintonía

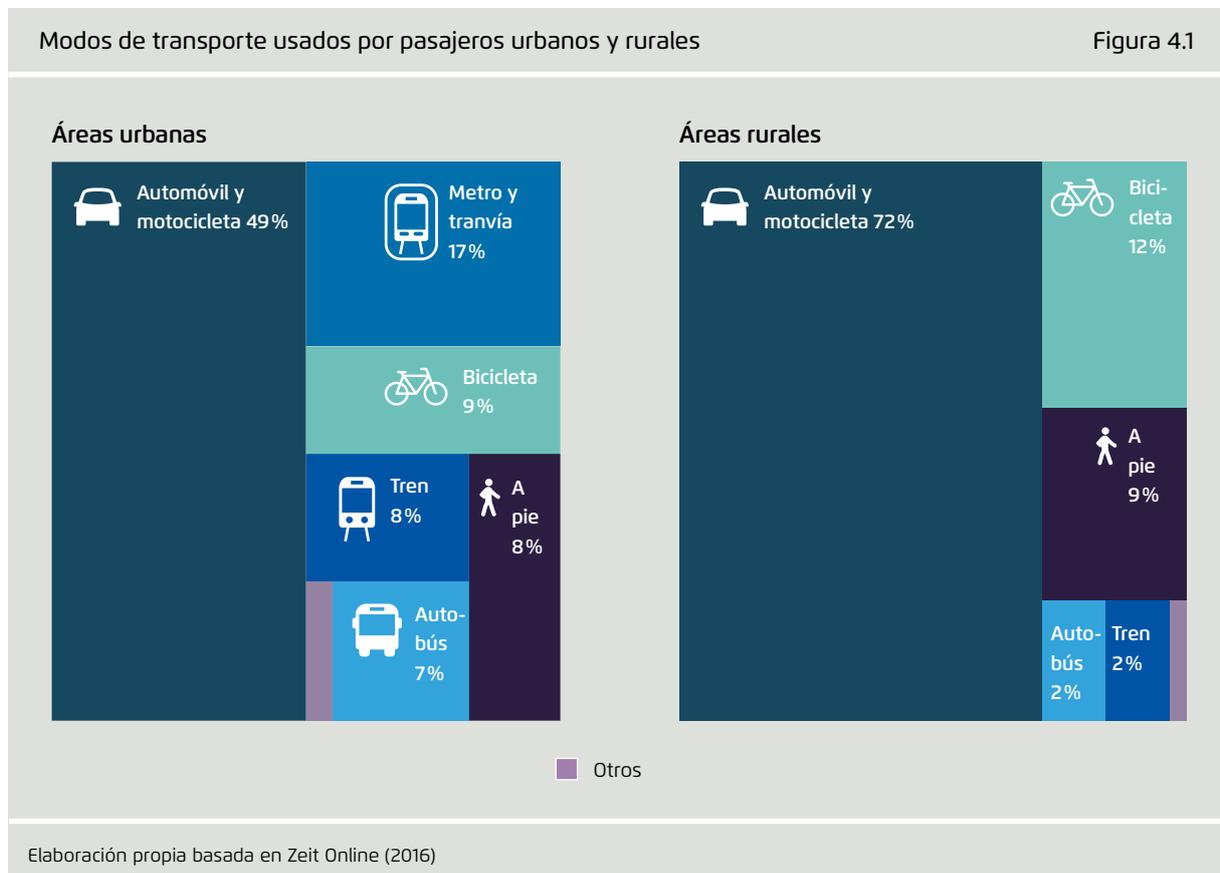
El cambio hacia los vehículos eléctricos en áreas suburbanas no es la única forma de mitigar el cambio climático. Hay un considerable potencial para cambiar de los automóviles hacia medios de transporte alternativos que no solo son mejores para el ambiente, sino que también reducen el tráfico.<sup>82</sup> Es notable que las personas tardan más en llegar al trabajo en las ciudades que en áreas rurales. Los viajes más cortos son sorprendentemente más comunes en áreas rurales sin grandes centros regionales. En promedio, el 30% de los pasajeros rurales no necesita más de diez minutos para llegar al trabajo. Aún más, el 70% de los trabajadores que vive fuera de centros urbanos va al trabajo en automóvil, independientemente de cuánto necesitan para el trayecto (figura 4.1).<sup>83</sup>

Estos descubrimientos ofrecen puntos de partida para nuevos enfoques amigables con el clima sobre el tráfico de viajes al trabajo. Alrededor del 29% de los viajes son de menos de cinco kilómetros y el 20% son de cinco a diez kilómetros. Para distancias tan cortas, alternativas como las bicicletas o pedelecs son buenas opciones para reducir el volumen de tráfico y el daño ambiental. Las pedelecs (bicicletas equipadas con motores eléctricos) permiten a los conductores cubrir más distancia en un tiempo más corto. Estudios demuestran que recorrer 15 kilómetros con una bicicleta pedelec es para la mayoría de las personas una alternativa atractiva al automóvil y, además, más barata. Las empresas ya han hecho un buen progreso al gestionar nuevas soluciones de transporte tales como pedelecs.<sup>84</sup> Desde hace algún tiempo, las empresas implementan políticas de bicicletas de empresas para incentivar a más trabajadores a usarlas. Sin embargo, más personas van al trabajo en bicicleta o pedelec regularmente, necesitarán vías para

82 Véase Destatis (2014).

83 Véase Schüller, F.; Wingerter, C. (2016).

84 Véase Czowalla, L. (2016).



bicicletas agradables e ininterrumpidas, carriles exprés y estacionamientos para bicicletas seguros. Los turistas también se beneficiarían de tales mejoras.<sup>85</sup>

La infraestructura de las redes de transporte público regionales también juega un papel importante en el comportamiento de viajes. En regiones con buena cobertura de rutas, los pasajeros usan el transporte público más a menudo. Si las redes están bien conectadas, la gente tiende a usarlas con más frecuencia.

### Las innovaciones en el transporte público traen opciones de movilidad alternativa a las áreas rurales

Es esencial que haya nuevos enfoques para una expansión y modernización efectivas de los servicios de transporte actuales en toda Alemania. Los servicios de transporte público en la mayoría de las áreas rurales a menudo están organizados rígidamente, caracterizados por largas esperas y huecos en el servicio. Los viajes multi- o intermodales son casi imposibles, haciendo que

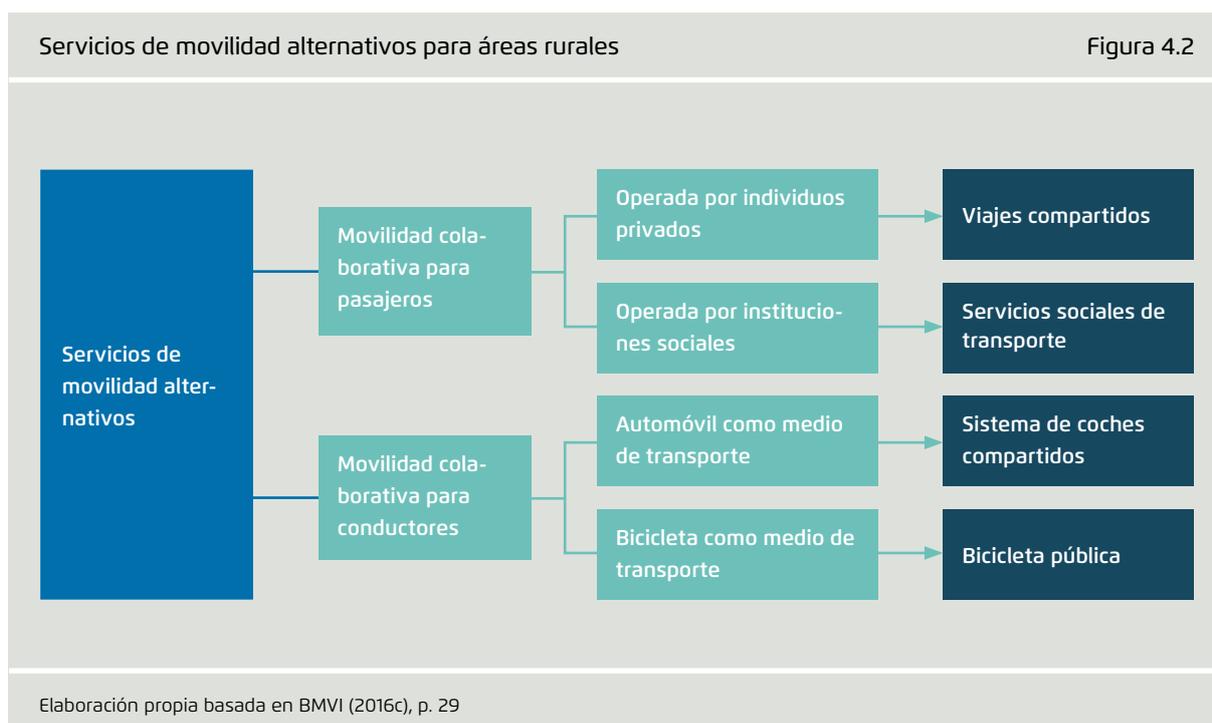
viajar en transporte público sea menos eficiente y menos conveniente en áreas rurales. Como resultado, los automóviles siguen siendo la elección primaria de transporte. Al menos el 50% de los viajes realizados por la mayoría de los residentes más allá de su grupo etario se hacen en automóvil en las áreas rurales.<sup>86</sup>

Los estudiantes y aprendices son los usuarios más frecuentes de transporte público en áreas rurales. De hecho, el transporte escolar es una importante fuente de ingresos para el transporte público en áreas rurales, y muchos horarios y rutas reflejan esto. Sin embargo, el número de estudiantes está disminuyendo. Si esta tendencia demográfica continúa, una importante fuente de fondos para el transporte público rural podría secarse.

Dada esta situación actual, es hora de repensar y rediseñar la movilidad rural (figura 4.2). La demanda actual de servicios de autobuses regulares se puede cubrir usando vehículos más pequeños en lugar de buses más grandes (pero casi vacíos). Tales vehículos podrían usarse en forma flexible según la demanda e implementando sistemas de rutas inteligentes para mejorar los servicios existentes.

85 Véase Difu (2016).

86 Véase VDV (2016).



Por ejemplo, perfeccionar los servicios de viaje por encargo existentes basándose en tecnologías digitales sería una forma más eficiente de manejar la demanda más baja de transporte escolar a la vez que se aumenta el interés público en nuevos servicios de transporte. Aún más, mantendría los costos bajos cuando la demanda es baja. En áreas con baja demanda y altos costos de operación, una alternativa como esta mejoraría la movilidad para los beneficiarios rurales y resguardaría los presupuestos de las compañías de transporte.

Otra posibilidad para el futuro de la movilidad en áreas rurales es la implementación de automóviles autónomos. Una vez que haya vehículos autónomos disponibles en el mercado, podrían representar una forma asequible y atractiva de expandir los servicios de transporte público incluso en áreas de baja demanda (véase la Perspectiva 5). Al ser reservables en cualquier momento, en cualquier lugar, representarían la mayor parte de la flexibilidad de tener un automóvil privado. Varios proyectos piloto e iniciativas ciudadanas también han encontrado que los servicios de transporte tales como el alquiler a corto plazo de bicicletas y automóviles son factibles cuando reflejan la demanda local, y que son especialmente populares para viajes recreativos.

Perspectiva 04 | Las áreas rurales también se beneficiarán de la transición de la movilidad.

Perspectiva

05

Los vehículos autónomos son ideales para uso compartido.

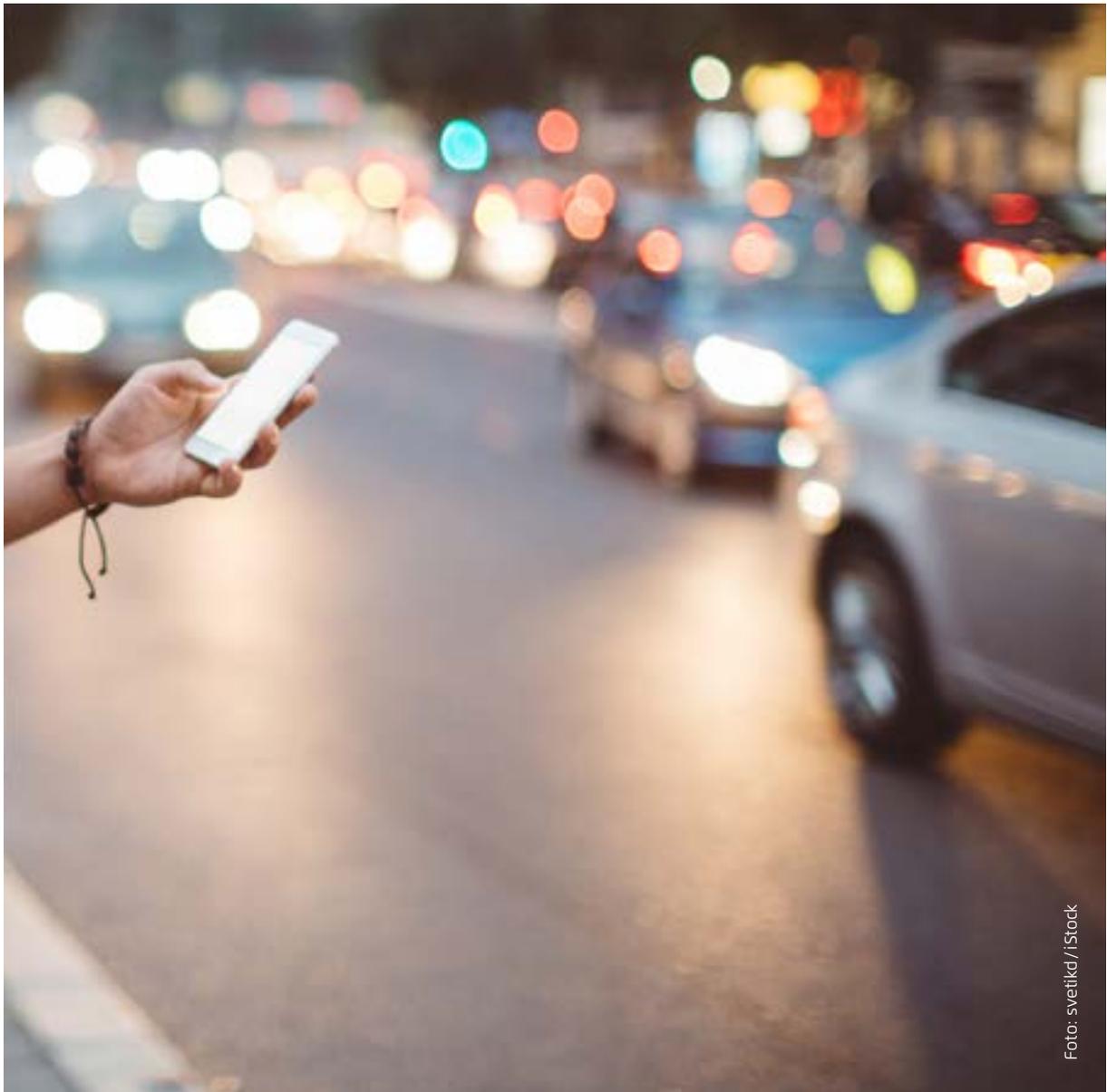


Foto: svetkd / iStock

La digitalización está cambiando rápidamente el sector del transporte. Hoy en día, ya influye en cuáles modos de transporte son usados y combinados, cuáles rutas se toman y cuáles servicios de movilidad se ofrecen. Y, en el sector del transporte, la transformación digital todavía parece estar en su infancia. La automatización, la conectividad y un creciente número de servicios de movilidad colaborativa pondrán en marcha cambios de gran alcance en la forma de moverse de las personas. Estas tendencias no solo ofrecen la oportunidad de crear un sector del transporte seguro, eficiente y amigable con el clima, también proporcionan una importante base para tecnologías innovadoras y nuevos modelos comerciales (figura 5.1).<sup>87</sup>

Una mirada más cercana a los posibles efectos de la digitalización sobre el sector del transporte, sin embargo, muestra que este proceso se debe entender como una

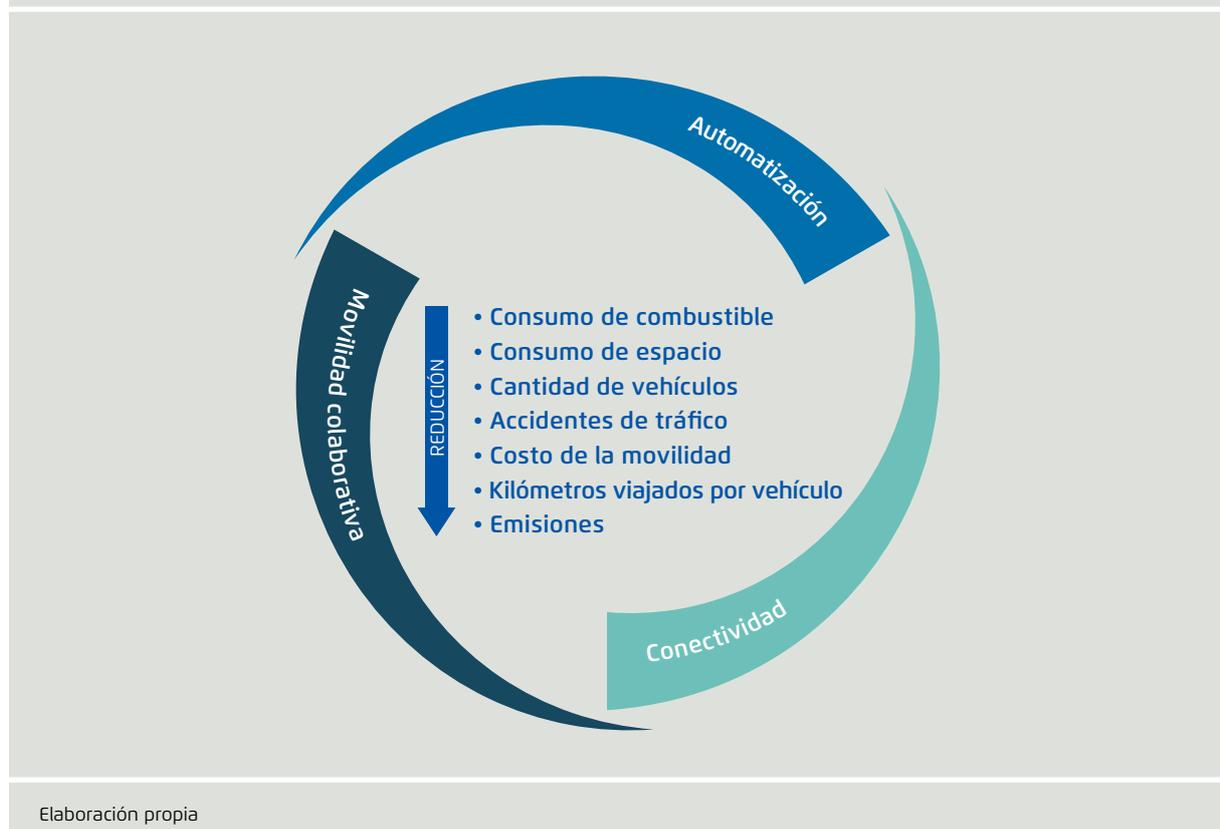
tarea organizacional. No necesariamente traerá efectos positivos; sino también riesgos. De hecho, podría incluso poner en peligro la transformación del transporte.

Con certeza, la digitalización se extiende mucho más allá del sector del transporte. Ha iniciado una transformación estructural de amplio alcance que cubre numerosos campos. Esta transformación está impactando los puestos de trabajo en los sectores industrial y de servicios (véase la Perspectiva 11) así como la seguridad de los datos y la resiliencia de los sistemas técnicos, para nombrar solo algunos efectos. Claramente, tales efectos jugarán un papel para la aceptación pública de la digitalización y su influencia sobre el sistema de transporte.

87 Véase Canzler, W.; Knie, A. (2016).

Digitalización en el transporte – tendencias y posibilidades

Figura 5.1

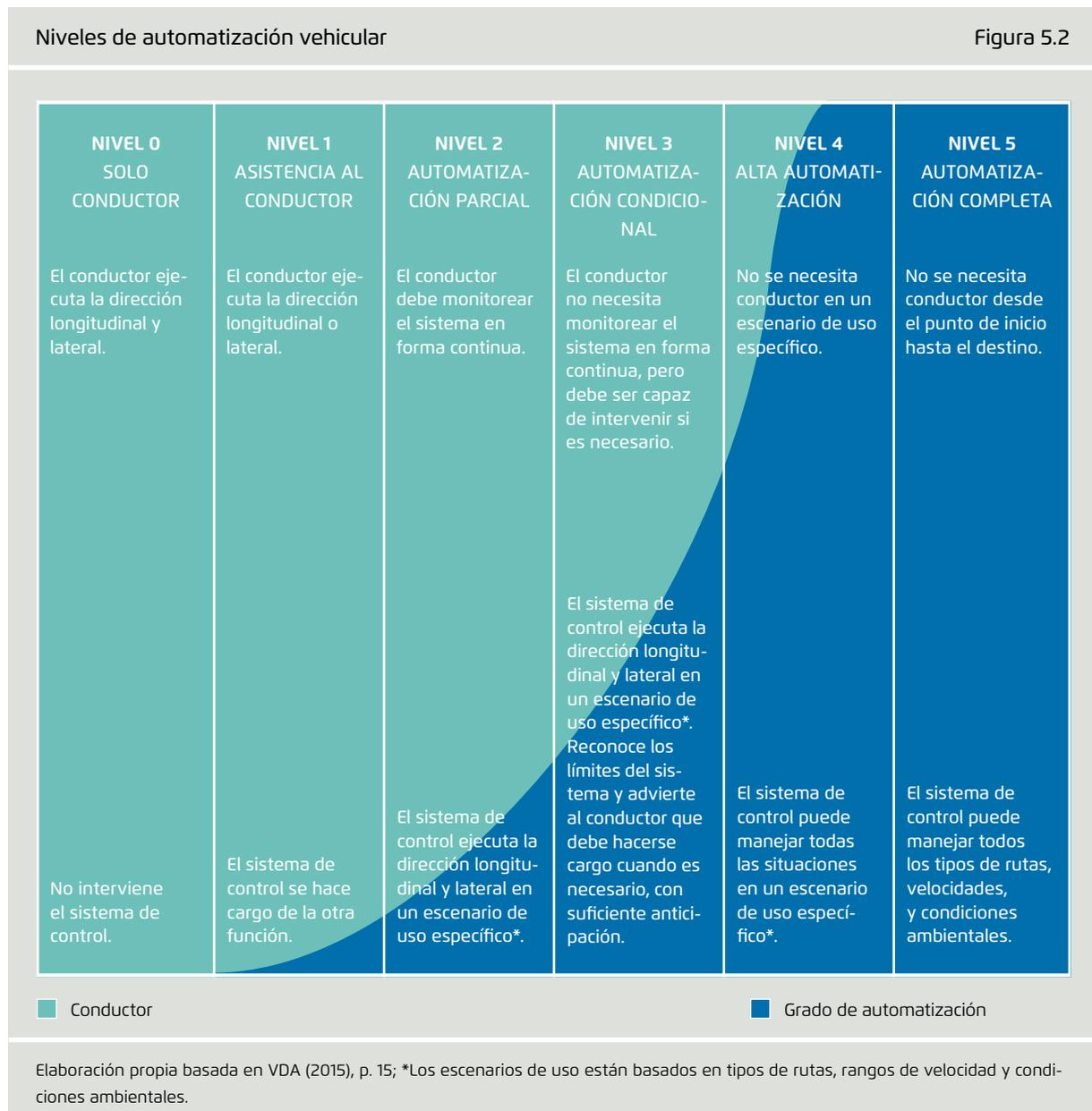


## Incluso un pequeño número de automóviles autónomos puede aumentar el tráfico

Durante los últimos años, la tecnología de automatización de vehículos ha mostrado un desarrollo progresivo (figura 5.2). Con el anuncio de los primeros vehículos completamente automatizados (nivel 5) listos para producir en serie a partir de 2018, la atención se ha enfocado principalmente en la seguridad, la confiabili-

dad, la responsabilidad y la ética.<sup>88</sup> El gobierno alemán ya ha tomado nota de estos desarrollos dinámicos. Recientemente se introdujeron proyectos de ley en el parlamento alemán para reformar la Convención de Viena, y las leyes de tráfico vial de Alemania explican

88 Véase Driverless Car Market Watch (2016). El modelo sin conductor de Tesla aparecerá en 2018; el de Volkswagen, en 2019; el de Daimler, en 2020; el de Honda, en 2020; el de Nissan, en 2020; y el de BMW, en 2021.



en detalle las regulaciones técnicas para los vehículos autónomos y definen el alcance de la responsabilidad de los conductores.<sup>89</sup>

Hasta ahora, ha habido pocas discusiones sobre cómo los automóviles plenamente automatizados afectarán el uso de vehículos, el comportamiento de movilidad y, por extensión, el ambiente. Pero estas cuestiones son decisivas en cuanto a si los vehículos autónomos ayudarán a hacer exitosa la transformación del transporte – o no.

Gracias a la automatización, se espera que los automóviles autónomos operen más eficientemente, viajen más cerca de otros automóviles y hagan el tráfico más fluido.<sup>90</sup> Si bien esto podría ayudar a reducir el consumo de energía y combustible, otros efectos más disruptivos también son concebibles. Una flota de vehículos autónomos, disponible por encargo en todas partes y a la brevedad, podría llevar a una reevaluación fundamental del hecho de poseer vehículos privados. Los servicios de movilidad colaborativa operados con vehículos plenamente automatizados podrían ayudar a que el uso compartido de vehículos genere un apoyo público más amplio y gane más importancia. Como resultado, es probable que la integración de los vehículos autónomos a la red de movilidad desvanezca la línea entre el transporte privado y el público (véase la Perspectiva 3).

Estudios preliminares de tales escenarios en Lisboa, Pittsburgh, Singapur y otros lugares han encontrado que, si todos los vehículos privados y públicos en las calles estuvieran plenamente automatizados, solo se necesitaría del 10% al 30% de la cantidad existente de vehículos para cubrir las necesidades actuales de transporte sin restringir la movilidad; siempre que los vehículos automáticos se usen colectivamente, ya sea en forma serial (alquiler a corto plazo) o paralela (viajes compartidos).<sup>91</sup> Una reducción del número de vehículos de tal magnitud no solo bajaría el uso de energía en el sector del transporte; también les daría a las municipalidades más espacio para determinar el uso del terreno y el desarrollo urbano (véase la Perspectiva 3). Es probable que la automatización tenga efectos similares sobre el

transporte en áreas rurales. Los vehículos autónomos tienen el potencial de traer nuevas opciones de transporte y mejorar la movilidad en áreas menos densamente pobladas (véase la Perspectiva 4).

Sin embargo, la automatización vehicular no necesariamente conducirá a resultados positivos. Por ejemplo, podría generar más tráfico inadvertidamente. Los dueños de vehículos automáticos podrían programar sus automóviles para circular en las ciudades sin pasajeros con el fin de evitar tarifas de estacionamiento. O sin las molestias de la conducción, las personas podrían estar dispuestas a viajar distancias más largas, ya que el tiempo dentro del vehículo se podría usar de forma productiva. También es posible que los individuos cambien de formas tradicionales de ecomovilidad hacia servicios asequibles puerta-a-puerta provistos por flotas completamente automatizadas.

Si las estructuras de movilidad y costos de propiedad actuales se mantienen iguales, entonces es probable que la propiedad de vehículos y las estadísticas de kilometraje aumenten (figura 5.3). Incluso una reducción drástica de las existencias de vehículos de hasta un 90% podría generar más tráfico si, como han mostrado los escenarios previos, muchas personas optan por los automóviles autónomos compartidos y los buses pequeños en lugar del transporte público de alta capacidad.<sup>92</sup>

Por lo tanto, incluso en un futuro con vehículos plenamente automatizados, se necesitará transporte público vial y ferroviario de alta capacidad para satisfacer la demanda y maximizar la eficiencia. Al combinarse con servicios de movilidad colaborativos, los vehículos autónomos pueden ser un complemento importante y flexible al transporte público de rutas fijas, y, por lo tanto, tener un efecto positivo sobre la demanda de vehículos. Pero aún se necesitarán estrategias para minimizar el riesgo de aumentar las distancias viajadas por automóviles privados sin conductor. Tales estrategias pueden tener que considerar también políticas regulatorias y fiscales.

A pesar de la incertidumbre sobre los efectos de la conducción automatizada, los tomadores de decisiones y expertos deben considerar los potenciales efectos positivos y negativos desde temprano. Sin embargo, la visión

89 Véase BMVI (2015).

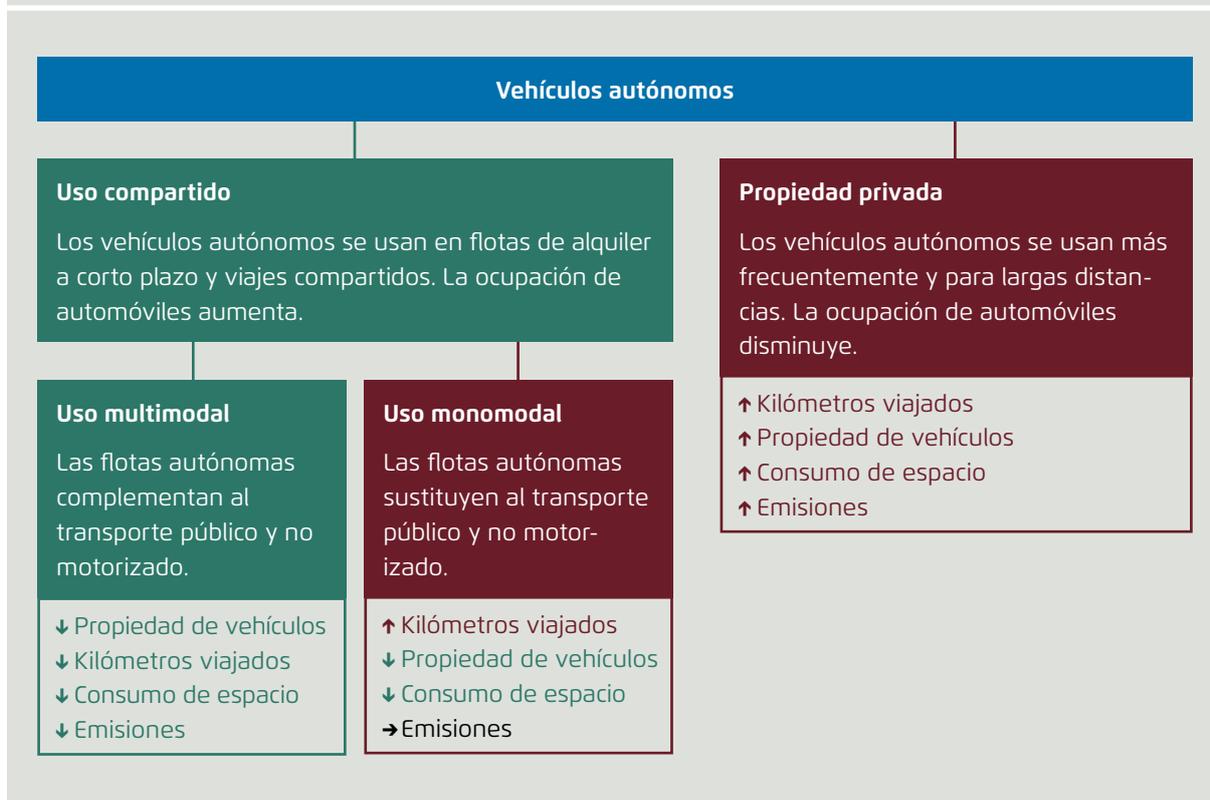
90 Véase BMVI (2015), p. 10.

91 Véase EU COM (2015).

92 Véase ITF (2016).

Formas de uso y posibles efectos de la automatización vehicular

Figura 5.3



Elaboración propia basada en Michael Glotz-Richter

general es positiva. Si la integración multimodal de vehículos autónomos dentro de un sistema de transporte de alto rendimiento tuviera éxito, la calidad de la movilidad se podría mantener o incluso aumentar sin transporte motorizado privado; en particular porque el transporte público también se beneficiaría de la mayor automatización vehicular, volviéndose más eficiente y cómodo.

### Un sistema de transporte interconectado contribuye a la transición de la movilidad

Un sistema de transporte del futuro debe incluir transporte vial y ferroviario con infraestructura inteligente y sistemas de control de tráfico (para señales viales, espacios de estacionamiento, semáforos y demás). Tal sistema abrirá el camino para la automatización vehicular y sentará las bases para un transporte más seguro,

eficiente y amigable con el clima. Combinado con aplicaciones de "big data", un sistema así puede guiar el tráfico proactivamente mientras que vincula con fluidez viajes multi e intermodales. De esta forma, la infraestructura de transporte existente se puede usar de forma más eficiente.

Además, puede contribuir a un comportamiento de movilidad sostenible y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el tráfico, al mismo tiempo que disminuye la necesidad de infraestructura de tráfico. Un beneficio aún poco valorado de un sistema de transporte conectado es el nuevo potencial para dar forma a las políticas de tráfico. Se podrían usar zonas de bajas emisiones con precios dinámicos (véase la Perspectiva 10) y sistemas de peaje que varíen basándose en niveles de tráfico, hora del día, emisiones de CO<sub>2</sub>, calidad del aire, y otros factores para llevar a un transporte amigable con el clima.

Sin embargo, en un sistema conectado como este cada vehículo no conectado podría ser una fuente de interferencia. La pregunta de cómo organizar una fase de transición que contenga tanto al tráfico conectado como al no conectado sin pérdidas de eficiencia y seguridad aún está abierta. Y necesita ser respondida con urgencia en vista de la creciente automatización vehicular. Los puntos de discusión incluyen si los ciclistas y peatones pueden y deben ser incluidos en un sistema de transporte conectado, si se necesitan infraestructuras separadas para entrelazar y automatizar plenamente los modos de transporte, y si los modos de conducción automática solo se deberían permitir en áreas especiales, como rutas rurales o autopistas.

Es más fácil implementar la automatización con el transporte ferroviario que con sus contrapartes de carretera. Los sistemas ferroviarios urbanos que usan un solo modo de transporte ofrecen condiciones más favorables para el transporte conectado y automatizado. Los trenes sin conductor pueden mejorar la puntualidad, el tiempo y la eficiencia energética a través de, por ejemplo, distancias de seguridad más cortas y una operación más económica.

## Los teléfonos inteligentes son clave para la movilidad conectada

Los teléfonos inteligentes son una tecnología clave para la digitalización del sector del transporte. Están permitiendo y conduciendo el desarrollo de servicios de movilidad colaborativos, en parte gracias a su funcionalidad GPS. Además, son cada vez más importantes para el análisis de cambios en comportamiento de movilidad, y por lo tanto proveen información importante para la planificación de un transporte multimodal e integrado.

Los teléfonos inteligentes permiten a las personas acceder a una variedad de servicios de movilidad –incluyendo vehículos de alquiler a corto plazo basados en estaciones o libres– rápidamente y en cualquier momento que necesiten (figura 5.4). Al mismo tiempo, los teléfonos inteligentes se usan cada vez más para planear viajes con únicos o múltiples modos de transporte.

Con aplicaciones de teléfono, los usuarios pueden ingresar preferencias como tiempo, costos y niveles de emisión de CO<sub>2</sub> para calcular rutas óptimas y en muchos casos reser-

var y comprar boletos para viajes inter y multimodales por adelantado. Los teléfonos inteligentes hacen a los usuarios parte de un sistema de transporte conectado que provee información pertinente sobre sus elecciones de movilidad en tiempo real. Hacen la movilidad inter y multimodal simple, cómoda y económicamente transparente.

En las ciudades, los teléfonos inteligentes ya están dando forma al cambio hacia la movilidad inter y multimodal – y continuarán influyendo en la organización de la movilidad en el futuro. Para que los teléfonos alcancen su potencial, es crucial que las nuevas empresas desarrollen soluciones de movilidad nuevas e innovadoras. Sin embargo, las compañías tradicionales en el sector del transporte también deben adaptarse a la tecnología digital. Los teléfonos inteligentes se pueden usar para vincular el tránsito público a nuevos servicios de movilidad –alquiler a corto plazo de automóviles y bicicletas, viajes compartidos y demás– y de esta forma promover la disponibilidad en todo el país de movilidad integrada con boletos electrónicos.

Es importante que la movilidad basada en los teléfonos inteligentes no cree una división digital; deben existir información, sistemas de reserva y de pago comparables también para las personas sin teléfonos inteligentes. Un ejemplo es la eliminación planificada de los boletos de papel y su reemplazo por boletos electrónicos para fines de 2018. Con el nuevo sistema, los boletos se pueden comprar con teléfonos inteligentes o, de no contar con teléfono inteligente, con tarjetas electrónicas con chips.<sup>93</sup>

Muchos todavía subestiman el potencial de los teléfonos inteligentes para la investigación y planificación. Los métodos tradicionales de recolección de datos tales como censos de tráfico, cuestionarios y diarios de viaje apenas pueden seguirle el ritmo a la creciente variedad de servicios de movilidad en oferta. El uso de dispositivos móviles permite un análisis detallado del comportamiento de movilidad, mientras que reduce el esfuerzo que deben hacer las personas para compartir datos. Los dispositivos móviles pueden mejorar en gran medida el nivel de detalle, alcance y confiabilidad de los datos usados en estudios a largo plazo y simulaciones de tráfico. La necesidad de establecer métodos digitales de recolección de datos en la investigación y planificación del transporte es clara. El potencial de los teléfonos inteligentes no

93 Véase *Mobilität21* (2016).

está restringido a los beneficios individuales. Por ejemplo, el Plan Nacional de bicicletas 2020 de Alemania (*Radverkehrsplan 2020*) ha demostrado que los datos basados en teléfonos inteligentes proveen una valiosa contribución a la planificación de nodos de transporte orientados a la demanda y de conexiones para la movilidad intermodal.<sup>94</sup>

94 Véase Nationaler Radverkehrsplan 2020 (2016).

### La movilidad conectada y la privacidad de datos no están en conflicto

Cada día, los teléfonos inteligentes y automóviles modernos recolectan enormes cantidades de datos. A partir de aplicaciones para planificación de rutas, del uso de nuevos servicios de movilidad o de los dispositivos de navegación en automóviles privados. A medida que los sistemas de transporte se han vuelto más automatizados y conectados, las cuestiones relacionadas con la propiedad, uso y confidencialidad de estos datos son cada vez más relevantes. Las respuestas a estas preguntas

Crecimiento en el alquiler de automóviles basado en estaciones y sin estaciones en Alemania

Figura 5.4

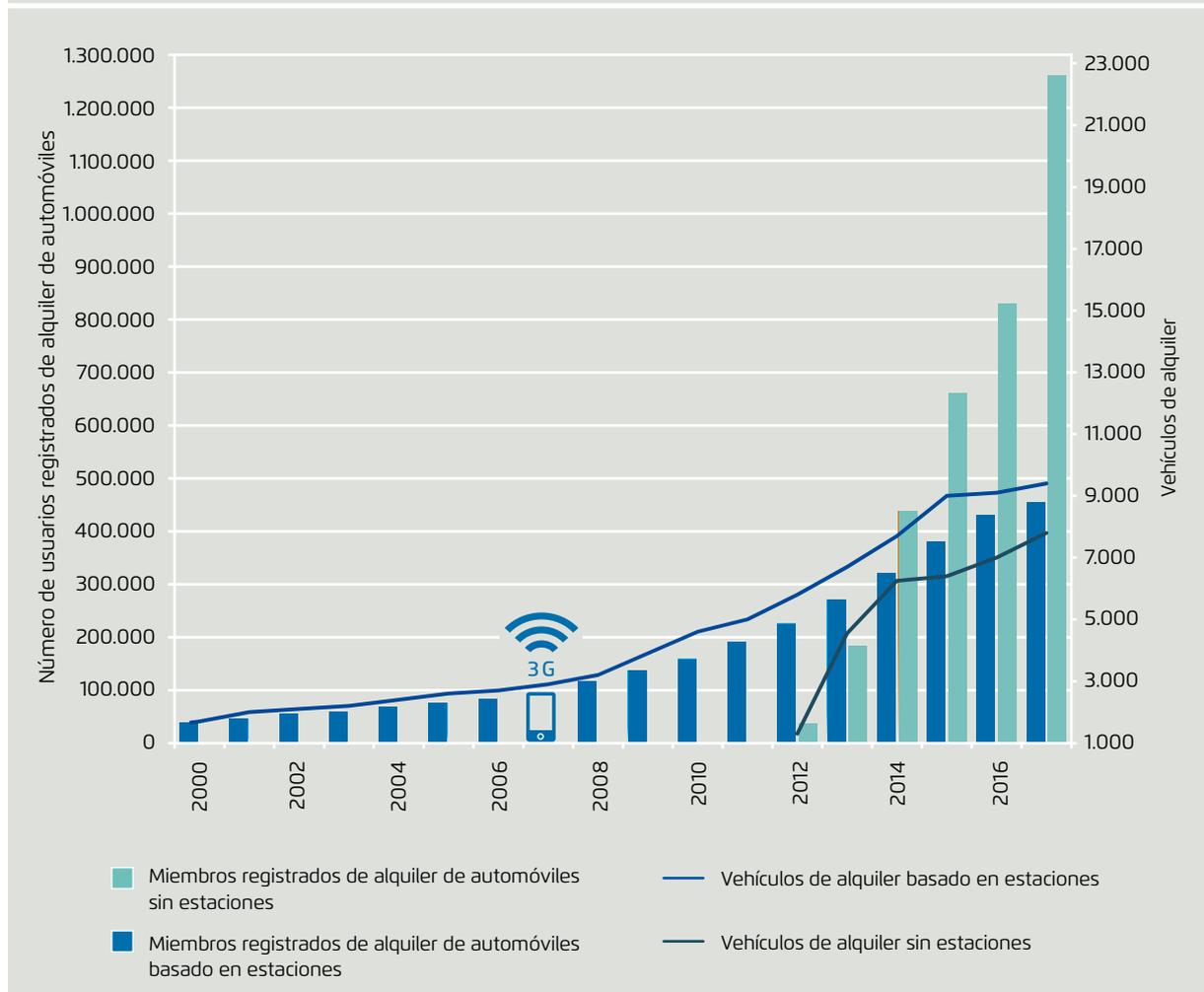


Figura de los autores basada en BCS (2017)

dependerán principalmente de la confianza y aceptación de los usuarios y del potencial innovador de nuevas tecnologías y servicios de movilidad.

Por lo tanto, el objetivo principal debe ser proporcionar información clara a los pasajeros, fabricantes y operadores acerca de cómo se usarán los datos personales. Por ejemplo, se debe informar a los usuarios sobre el alcance de la recolección y uso de datos y permitirles decidir cómo compartirlas. Un diseño de "privacidad por defecto" puede garantizar a los usuarios el control de sus propios datos personales y evitar mayormente las disputas de privacidad.<sup>95</sup> Para evitar la restricción del uso de datos, los datos personales se pueden procesar siendo anonimizados o seudonimizados.<sup>96</sup> De esta forma, se pueden registrar grandes cantidades de información para, por ejemplo, aplicaciones "big data", sin violar el principio de minimización de datos recogido en las leyes alemanas de privacidad de datos.<sup>97</sup>

Además de la privacidad de datos, otro requisito es la disponibilidad nacional de datos sobre movilidad pública y datos de infraestructura. Compartir mapas, horarios, información de precios, datos meteorológicos y alertas de accidentes en tiempo real crearía igualdad de condiciones y promovería servicios de movilidad nuevos e innovadores. La disponibilidad pública de datos y el uso de grandes conjuntos de datos podría, solamente en Europa, prevenir 629 millones de horas de congestiones de tráfico. Esto podría reducir el uso de energía en el transporte privado motorizado en alrededor del 16% y al mismo tiempo generar ahorros económicos de alrededor de 28.000 millones de euros.<sup>98</sup> Para liberar el potencial de las aplicaciones de datos de transporte, la adopción de una nueva ley de

Datos Abiertos podría gobernar la divulgación de datos con estándares uniformes y aseguraría su disponibilidad en un portal online.<sup>99</sup>

## Las pruebas de campo abren el camino a la innovación

Aunque la revolución digital ha llegado al sector del transporte, existen pocos datos empíricos confiables sobre los efectos de los nuevos servicios de movilidad sobre el clima. De hecho, se necesita más experiencia con su operación en la vida real para preparar la tecnología para su producción en serie y para investigar los efectos de los servicios de movilidad innovadores sobre patrones de movilidad y comportamiento de viaje.

Alemania ya ha comenzado a probar nuevos enfoques en el sector del transporte. Estos incluyen un programa de incentivos para estimular el uso de vehículos eléctricos (*Schaufenster Elektromobilität*)<sup>100</sup> y áreas de prueba digitales para la movilidad automática y conectada.<sup>101</sup> Pero muchas de estas pruebas se enfocan fuertemente o casi exclusivamente en la tecnología. Solo en unos pocos casos el punto focal ha sido la integración de servicios de movilidad innovadores con el sistema de transporte. Pero la experimentación en esta área podría generar información valiosa sobre el potencial de la digitalización. Entre otras cosas, los diseñadores de políticas deberían discutir la promoción de nuevos servicios de movilidad tales como viajes compartidos suavizando o derogando temporalmente la Ley de Transporte Público. Esto incentivará los viajes compartidos y permitirá la recolección de información sobre su apoyo público y su influencia sobre el comportamiento de viaje para diseñar leyes innovadoras (tal como ampliar el alcance de la cláusula de experimentación del Art. 2, párr. 7 de la Ley Alemana de Transporte Público).<sup>102</sup>

95 Véase von Schönfeld, M. (2015).

96 La Ley Federal de Protección de Datos (*Bundesdatenschutzgesetz*, BDSG) define anonimización como "medio de modificación de los datos personales de modo que la información concierne a circunstancias personales o materiales no se pueda, o solo se pueda con una cantidad desproporcionada de tiempo, expensas y trabajo, atribuir a un individuo identificado o identificable" (Sec. 3, párr. 6). Define seudonimización como "reemplazar el nombre y otras características identificadoras de una persona con una etiqueta, con el fin de impedir la identificación del sujeto de los datos o de volver a esa identificación sustancialmente difícil" (Sec. 3, párr. 6a).

97 Véase von Schönfeld, M. (2015).

98 Véase EU COM (2015).

99 En Alemania, el Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM) ya ha comenzado a hacer esto. Véase MDM-Portal (2016).

100 Véase *Schaufenster Elektromobilität* (2015).

101 Véase BMVI (2016b).

102 Un pasaje de esa cláusula dice: "Para probar nuevos tipos o medios de transporte en el campo, la autoridad de aprobación puede, cuando se pide en casos especiales, aprobar excepciones de las provisiones en esta ley o promulgadas sobre la base de esta ley por la duración de hasta cuatro años, siempre que no entre en conflicto con los intereses del transporte público."

Para promover mejor los enfoques experimentales como estos en Alemania, los políticos deben entender que juegan un papel vital para fomentar las innovaciones del sector del transporte. Siguiendo ejemplos del extranjero, deben discutir cuál sería la mejor forma para crear más espacio para la experimentación.<sup>103</sup> Por ejemplo, se podrían realizar pruebas de campo para instrumentos de políticas fiscales tales como la introducción de zonas de bajas emisiones y nuevas estrategias de gestión del estacionamiento y para la promoción de la cooperación entre, por ejemplo, compañías tradicionales del sector del transporte y nuevos servicios de movilidad.

En todo caso, es importante coordinar las autoridades de planificación a nivel municipal y regional, acompañadas por un estudio transparente y sistemático de las experiencias en el campo. Esto asegura que los resultados obtenidos se puedan aplicar en otras partes, por ejemplo para descubrir fallas en los enfoques comunes sobre la gestión del transporte. Al mismo tiempo, las pruebas de campo pueden proporcionar conocimiento confiable sobre la validez de los modelos de tráfico y las estrategias para descarbonizar el sector del transporte.

---

103 Un ejemplo de esto es la flexibilización de la ley del cantón suizo de Ginebra, que posibilita probar ofertas de movilidad compartida en la práctica. Véase el diario Tages-Anzeiger de Zúrich (2016).

Perspectiva 05 | Los vehículos autónomos son ideales para uso compartido.

Perspectiva

06

La electrificación es la clave para una transición energética en el transporte.



Foto: suze / photo case.de

A pesar de una planificación del tráfico más eficiente y de los nuevos hábitos de movilidad, los vehículos motorizados continuarán produciendo un volumen de tráfico significativo en los próximos años. Para que el sector del transporte se vuelva esencialmente libre de CO<sub>2</sub> para 2050, las tecnologías tradicionales se deben reemplazar por tecnologías de motores alternativos.

Esto es aún más necesario dada la creciente demanda global de automóviles. Para 2050, el número de vehículos en las calles podría aumentar de 900 millones a alrededor de 2.400 millones.<sup>104</sup> Esta tendencia solo es compatible con los objetivos climáticos internacionales actuales si la proporción de vehículos libres de emisiones aumenta considerablemente en el transporte de pasajeros y de carga.

Los políticos alemanes entienden el desafío. El Plan Alemán de Acción Climática 2050 llama a la descarbonización del sector del transporte y a que Alemania sea un fabricante líder de vehículos eléctricos. Además, apunta a reducir el costo del hidrógeno y a mejorar la confiabilidad del sistema.<sup>105</sup> Pero el marco legal para alcanzar estos objetivos necesita más trabajo. La experiencia ganada con las renovables ha demostrado que surgen nuevos mercados siempre que los inversores creen que el marco legal es confiable. Crear este marco es una tarea de los legisladores.

Los vehículos eléctricos a batería son el estándar de eficiencia y operación de bajo costo

### Los vehículos eléctricos a batería son el estándar de eficiencia y operación de bajo costo

La electrificación del transporte vial es un término general que cubre varios tipos de vehículos:

- Vehículos eléctricos a Batería – BEV,
- Vehículos eléctricos de rango extendido – REEV,
- Vehículos eléctricos híbridos enchufables – PHEV,
- Vehículos eléctricos con celdas de combustible – FCEV.<sup>106</sup> (por sus siglas en inglés)

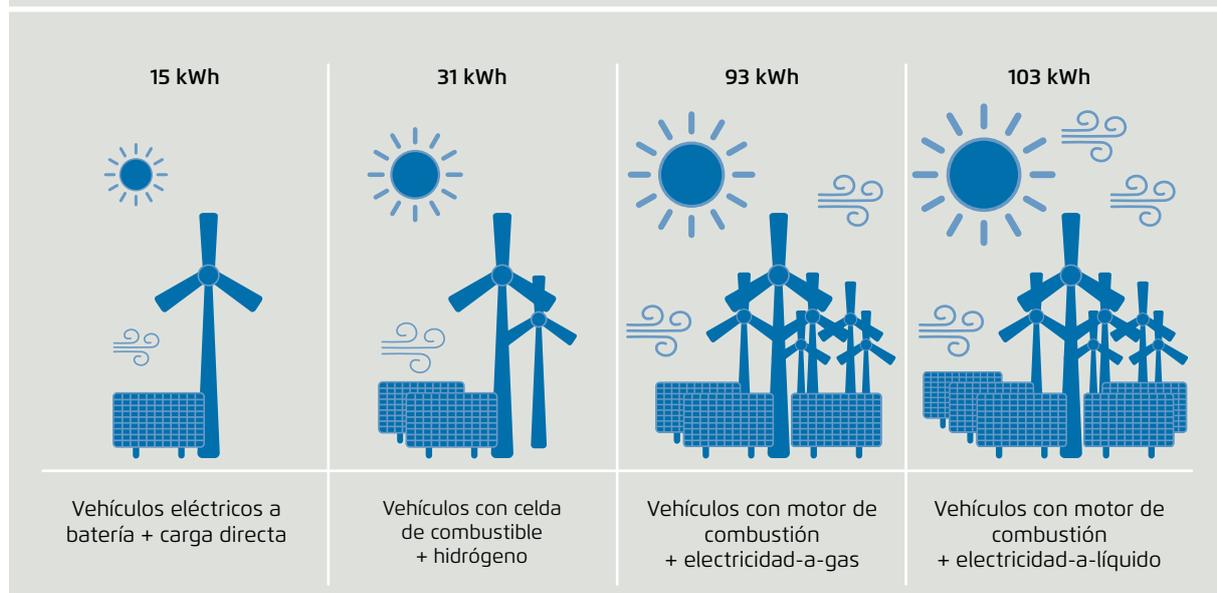
105 Véase Bundesregierung (2016d).

106 Según la sec. 2 de la Ley de Movilidad Eléctrica 2015 de Alemania (*Elektromobilitätsgesetz*, EmoG), un vehículo

104 Véase OECD, ITF (2017).

Cantidad de energía renovable requerida para varias combinaciones de motores y combustibles (por 100 km)

Figura 6.1



Cálculos y Elaboración propia basados en DLR, Ifeu, LBST, DFZ (2015), p. 15

Cada tipo de vehículo eléctrico es más eficiente que un motor de combustión y es de central importancia para la transformación hacia la energía limpia del sector del transporte. Siempre que la electricidad sea generada a partir de renovables, la electrificación del transporte vial jugará un papel vital en la descarbonización del transporte terrestre. Sin ella, este proyecto será casi imposible de realizar.

De las tecnologías mencionadas, los vehículos eléctricos a batería (BEV) son particularmente ventajosos porque usan electricidad renovable directamente sin transformarla en otras formas, evitando así las pérdidas de conversión.<sup>107</sup>

Esta ventaja en la eficiencia de toda la cadena del proceso significa que los vehículos eléctricos a batería requieren la menor cantidad de electricidad renovable entre todas las otras opciones de descarbonización sobre un viaje de 100 kilómetros (véase la figura 6.1; respecto a los combustibles, véase la Perspectiva 7). El segundo tipo más eficiente son los vehículos eléctricos con celdas de combustible (FCEV) impulsados por hidrógeno generado a partir de renovables. Los motores de combustión impulsados por gas renovable o combustible líquido renovable son mucho menos eficientes.

El uso directo de electricidad en vehículos eléctricos a batería para el transporte vial no solo es la opción de energía más eficiente. Sobre la base del estado actual de conocimiento, también es económicamente la forma más asequible de descarbonización. En relación con todas las otras combinaciones de motores y combustibles, los vehículos eléctricos a batería causan la menor cantidad de costos adicionales en comparación con un escenario de referencia sin descarbonización (figura 6.2).<sup>108</sup>

impulsado por electricidad es “un vehículo eléctrico enteramente a batería, un vehículo eléctrico híbrido enchufable o un vehículo con celda de combustible.”

107 El hidrógeno para los vehículos con celdas de combustible se debe producir a partir de energía eólica y solar, no a partir de combustibles fósiles y gas natural, para contribuir a la descarbonización. Respecto a los combustibles, véase la Perspectiva 7.

108 En el escenario de referencia usado por este estudio, los combustibles convencionales (gasolina, diésel, querosén, petróleo crudo) continuarán siendo las principales fuentes de energía en el sector del transporte en 2050.

El balance de costos toma en cuenta todos los costos desde hoy hasta 2050 para el suministro de energía, las gasolineras, la infraestructura de estaciones de carga y la compra de vehículos.<sup>109</sup> Los vehículos eléctricos a batería son el estándar con el que se debe comparar las demás combinaciones de motores y combustibles.<sup>110</sup>

La electrificación puede ser un medio de descarbonización no solo para los automóviles de pasajeros sino también para vehículos utilitarios livianos. Los viajes cortos en ciudades y los viajes “de vuelta a la base”<sup>111</sup> son particularmente adecuados para el transporte comercial y sus flotas. Los camiones más pequeños pueden usar el mismo suministro de energía y tipo de motores que los vehículos de pasajeros.<sup>112</sup> Los motores puramente eléctricos son una posibilidad incluso para modelos de camiones más grandes. Ya se están usando autobuses eléctricos, especialmente en áreas urbanas. En Alemania, hay proyectos piloto con autobuses híbridos, autobuses híbridos enchufables y un creciente número de autobuses eléctricos. Algunos de estos pueden cargarse sin cables.<sup>113</sup> Reducir la contaminación acústica y del aire es una motivación importante para la electrificación del transporte vial, especialmente los autobuses y vehículos utilitarios ligeros en áreas urbanas (véase la Perspectiva 3).

La optimización económica es importante para evaluar futuras opciones de tecnología, pero no siempre es adecuada para el uso exitoso de nuevas tecnologías. No se deben descuidar factores tales como la aceptación

Véase Öko-Institut, KIT, INFRAS (2016).

109 Véase Öko-Institut, KIT, INFRAS (2016). La figura 6.2 muestra solo el tráfico de carretera local. En el estudio citado, el término “tráfico de carretera local” se refiere al transporte individual motorizado con automóviles de pasajeros, motocicletas, vehículos utilitarios livianos y camiones hasta 18 toneladas. El estudio produce resultados similares para el transporte de carretera de larga distancia. Respecto al transporte de carga, véase la Perspectiva 8.

110 Dada la naturaleza dinámica de este campo, estos pronósticos están sujetos al cambio, en cuyo caso se necesitará una nueva evaluación.

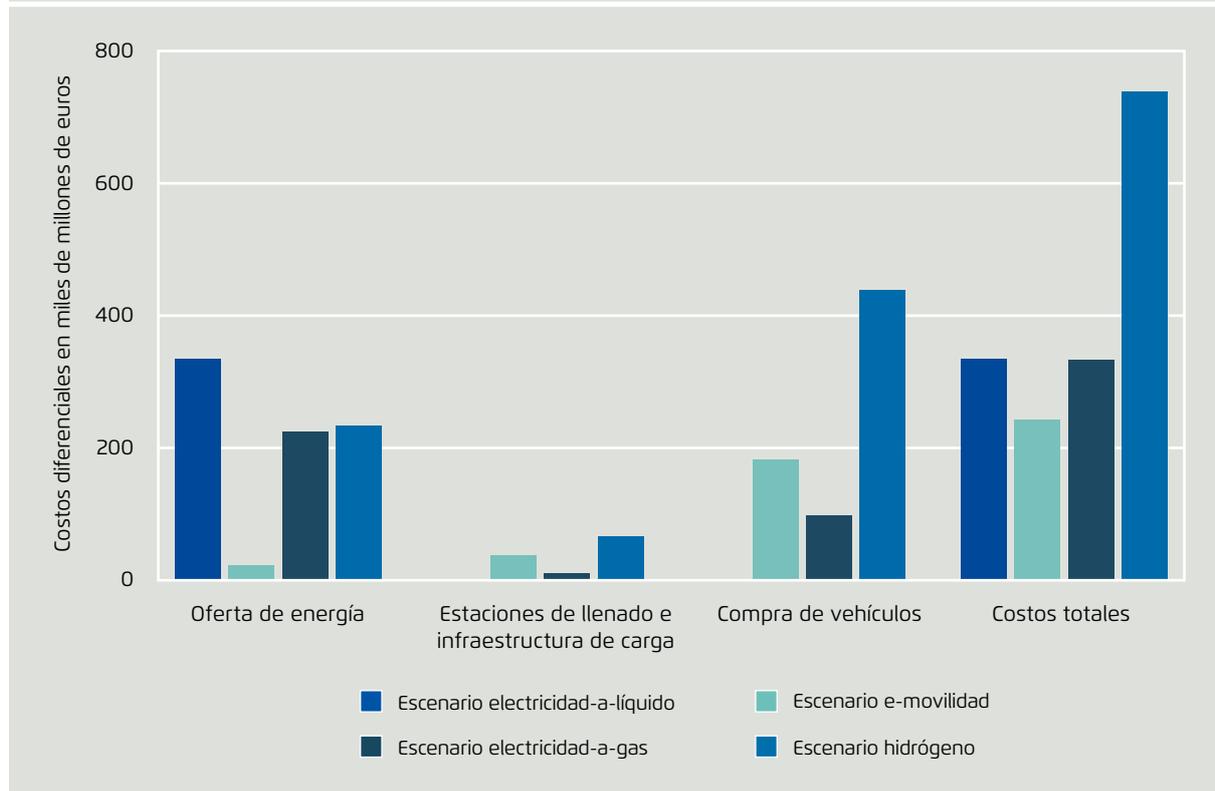
111 Estos son viajes en los que los vehículos regresan a una estación de carga después de alcanzar su destino. Véase Schaufenster Elektromobilität (2015).

112 Véase INFRAS, Quantis (2015); Ifeu, INFRAS, LBST (2016).

113 Véase NOW (2016).

Tráfico de carretera (sin tráfico de carga de larga distancia): Costos diferenciales en comparación con el escenario de referencia para el período 2010 a 2050 (positivo: costos más altos)

Figura 6.2



Elaboración propia basada en Öko-Institut, KIT, INFRAS (2016), p. 74

pública de los sistemas de motores alternativos y qué tan bien se pueden integrar al suministro de energía. Es muy posible que, además de los automóviles eléctricos a batería, otras alternativas tales como los vehículos eléctricos con celdas de combustible jueguen un papel importante. Y es probable que se use una mezcla de vehículos diferentes con sistemas de motores alternativos. La composición exacta de esta mezcla depende principalmente del desarrollo de los precios y la autonomía de los vehículos.

### Precios más bajos y una mayor autonomía hacen los vehículos eléctricos más atractivos

Los altos precios, las preocupaciones acerca de la autonomía limitada y una falta de oportunidades de carga son los principales obstáculos que hoy frenan a las personas a la hora de comprar automóviles eléctricos. Para que los vehículos eléctricos con celdas de combustible tengan éxito, el gasto inicial también es un impedimento decisivo, así como la infraestructura de estaciones de combustible, que Alemania está lejos de cubrir. Pero estos factores cambiarán notablemente en los próximos años, a medida que los hitos de los objetivos climáticos a cumplir para 2030 y 2050 se acerquen.

En la última década, las proyecciones de precios de baterías han experimentado una corrección hacia abajo. Entre 2008 y 2015, los pronósticos para las baterías híbridas enchufables bajaron un 73%.<sup>114</sup> Se proyecta que los costos de los vehículos eléctricos y con celdas de combustible también caigan considerablemente.<sup>115</sup> Por ejemplo, los costos para paquetes de batería en 2015 estaban proyectados en 250 €/kWh. Entre 2020 y 2025, se espera que caigan a 100 €/kWh. Se espera que los precios de los automóviles eléctricos en los próximos años caigan más rápido que lo predicho en estudios anteriores.<sup>116</sup>

Entre los costos en aumento de los automóviles con motores de combustión interna (un resultado de los estándares de emisiones más altos) y los precios en declive de las baterías ha surgido una pregunta: ¿cuándo alcanzarán los automóviles eléctricos la paridad de costos con los vehículos con motores de combustión interna? Algunos escenarios de uso proyectan que los precios de los automóviles eléctricos podrán competir con los vehículos de combustibles tradicionales en algún momento entre 2023 y 2030.<sup>117</sup> Los fabricantes de automóviles en Alemania y otros países han tomado nota de esto y anunciado ambiciosos objetivos de venta de vehículos eléctricos para 2020-2025.

La capacidad aumentada de las baterías ha elevado la autonomía por carga.<sup>118</sup> Varios importantes fabricantes de automóviles han declarado que para 2020 sus vehículos tendrán rangos de autonomía de más de 400 kilómetros. Si esto se puede alcanzar en su uso en la vida real, las preocupaciones ya no serán un impedimento para los potenciales compradores, especialmente porque la autonomía de los vehículos con celdas de combustible tampoco será mucho mayor.

Sin embargo, hay más incertidumbres acerca de cómo se desarrollarán los costos para los vehículos con celdas de combustible. Aquí también se espera que los precios caigan a medida que se vendan más unidades.<sup>119</sup> Los

pronósticos actuales para el mercado de penetración de los vehículos con celdas de combustible 2030-2050 varían enormemente.<sup>120</sup> Los líderes de la industria agrupados en el Consejo del Hidrógeno creen que, medido según el costo total de propiedad (TCO, por sus siglas en inglés), los vehículos con celdas de combustibles tienen el potencial de alcanzar la paridad de costos con los automóviles de pasajeros medianos y grandes para 2025.<sup>121</sup>

A pesar de los prometedores desarrollos tecnológicos en la electrificación del transporte vial, aún no está claro si pueden arraigarse lo suficientemente rápido como para hacer la contribución necesaria a la descarbonización del transporte. Es crucial para esto el desarrollo de un marco legal apropiado. El objetivo actual de Alemania de llevar seis millones de vehículos eléctricos a las calles para 2030 probablemente no sea suficiente para alcanzar el ambicioso objetivo de reducción del carbono del 40% al 42% en relación con los niveles de 1990, como lo estableció el Plan de Acción Climática 2050. Por lo tanto, el gobierno federal debe introducir políticas efectivas y eficientes para aumentar la proporción del mercado de los vehículos eléctricos. Las leyes deben ser robustas pero lo suficientemente abiertas para permitir la innovación, tal como el ya comprobado enfoque de adoptar estándares de emisiones. Al mismo tiempo, las leyes deben estar dirigidas hacia tecnologías viables, efectivas y costo-eficientes. Una forma de llevar los vehículos eléctricos al mercado más rápidamente es ajustar los estándares de CO<sub>2</sub> para automóviles de pasajeros y vehículos utilitarios al nivel de la UE. Muchos han propuesto acompañar esta estrategia con cuotas obligatorias de vehículos de cero emisiones como las usadas en California o las propuestas en un reciente proyecto de ley de China. Una estrategia que se podría considerar es una reforma del impuesto a los vehículos motorizados.

114 Véase IEA (2016a).

115 Véase ICCT (2016b); Öko-Institut (2014); ICCT (2016c).

116 Véase ICCT (2016d).

117 Véase NPE (2016); ICCT (2016b); ICCT (2016d).

118 Véase ICCT (2016c).

119 Véase ICCT (2016b); Öko-Institut (2014); McKinsey (2010).

120 Véase TAB (2012). Cf. ICCT (2016b).

121 Consejo del Hidrógeno (2017), p. 9: "Cuando los FCEVs alcancen una comercialización a escala, confiamos en que la paridad de costos (desde la perspectiva del TCO) se pueda alcanzar para 2025 en los automóviles de pasajeros medianos a grandes."

## El acceso a carga rápida y confiable es esencial

Dos de los impedimentos para una aceptación pública más amplia de los vehículos eléctricos son la falta de estaciones de carga y los largos tiempos de carga. No es suficiente que la mayoría de los propietarios puedan cargar sus vehículos en casa. También debe haber suficientes cantidades de estaciones de carga accesibles públicamente disponibles, especialmente en las ciudades. Además, la infraestructura de carga debe estar alineada con las necesidades de los usuarios y crecer según la penetración de mercado de los vehículos eléctricos. Sin embargo, tres factores dificultan la inversión en la estructura de carga. En primer lugar, la tecnología de carga está cambiando rápidamente, como lo muestra la cuestión de la carga inductiva. Lo mismo sucede con la infraestructura de comunicación de los vehículos eléctricos. Finalmente, la infraestructura de carga debe estar diseñada de forma que se integre en el suministro de energía. En conjunto, estos factores plantean complicados desafíos para el sector privado y los diseñadores de políticas.

Establecer una red apropiada de estaciones de carga accesibles públicamente a nivel nacional es el objetivo declarado del gobierno federal alemán.<sup>122</sup> El plan actual prevé 36.000 estaciones de carga estándar y 7.000 estaciones de carga rápida para 2020. El gobierno federal ha destinado 300 millones de euros a incentivar la construcción de 10.000 puntos de carga estándar y 5.000 estaciones de carga rápida para 2020.<sup>123</sup> El programa también está diseñado para crear una infraestructura apropiada para la tecnología de hidrógeno y celdas de combustible, con el objetivo de establecer 400 estaciones de hidrógeno para mitades de la próxima década. Se han reservado fondos públicos hasta 2026 para este propósito.<sup>124</sup>

A largo plazo, sin embargo, la infraestructura de carga no debería depender solo de fondos públicos. Más bien, la expansión debe ser apoyada por una mezcla de inversión privada y capital generador del estado. El sector privado está al borde de una ola de inversiones en vehículos eléctricos.<sup>125</sup> Las compañías en las industrias automotriz, del gas y del petróleo están planificando construir las primeras 100 estaciones de hidrógeno para 2018 o 2019.<sup>126</sup>

Lo que no queda claro es cuáles modelos de negocios serán asequibles y a la vez rentables, especialmente para estaciones de carga rápida. La prioridad ahora para los legisladores debe ser proporcionar condiciones de inversión confiables.

## La electrificación requiere un enfoque estratégico

El creciente número de automóviles eficientes y vehículos con motores alternativos disminuirá la dependencia de Alemania del petróleo extranjero. Sin embargo, la adquisición de recursos para la fabricación de baterías puede producir dependencia de otras importaciones y causar nuevos problemas ambientales. Además, esto puede llevar a competencia por recursos si, por ejemplo, los recursos para la descarbonización son requeridos por diferentes sectores al mismo tiempo o si otras aplicaciones tienen demandas más altas. El desarrollo de estos eventos se debe observar cuidadosamente con el fin de evitar o minimizar la escasez (física o económica) de oferta. Las discusiones sobre los efectos ambientales de los vehículos eléctricos —tales como la fabricación y el deshecho de baterías— deberían tener en mente que los problemas a largo plazo causados por los motores de combustión no son menos desafiantes cuando se trata del cambio climático, el ambiente y las materias primas. Lo que es indisputable, sin embargo, es que una rápida expansión de la proporción de mercado de los vehículos eléctricos traerá preguntas sobre cómo satisfacer la demanda de recursos y superar su escasez. A medida

122 Véase LSV (2016). *La Ladesäulenverordnung*, la regulación alemana de carga promulgada el 9 de marzo de 2016, define los puntos de carga como "un dispositivo adecuado diseñado para cargar un vehículo eléctrico a la vez" (Sec. 2, no. 9). En contraste, una estación de carga puede tener múltiples puntos de carga.

123 Véase BMVI (2016e).

124 Véase Bundesregierung (2016d).

125 En noviembre de 2016, Daimler, BMW, Ford, Porsche y Audi anunciaron una empresa conjunta planificada para crear una red de estaciones de carga rápida en toda Europa. Véase BMW Group et al. (2016). Tesla ahora opera su propia red de carga rápida en Europa y ha construido 56 estaciones de supercarga en Alemania. Véase FAZ (2016).

126 Véase H2 mobility (sin fecha).

que aumente el número de unidades vendidas, también lo hará la demanda de celdas de batería, la mayoría de las cuales ahora son producidas en Asia.<sup>127</sup>

Esto traerá dependencias de importaciones adicionales, ya sea directamente a través de la importación de baterías o indirectamente a través de la demanda de materias primas usadas para fabricar las celdas de batería. La Plataforma Nacional Alemana para la Movilidad Eléctrica (*Nationaler Plattform Elektromobilität*, o NPE) proyecta que podría ocurrir una escasez de grafito natural y cobalto.<sup>128</sup>

La disponibilidad de estos y otros recursos, como el litio, y la posición de mercado dominante de los países productores podrían tener un gran impacto sobre los precios de baterías. Lo crucial es si la dependencia de estos recursos se puede reducir en el futuro y si se pueden desarrollar técnicas de reciclaje económicas y amigables con el ambiente. La electrificación del transporte vial requiere estrategias nuevas, integrales y proactivas que protejan el ambiente y a la vez aseguren los recursos.

---

127 Véase NPE (2016).

128 Véase NPE (2016); Ifeu (2016).



Perspectiva

07

Los combustibles neutros en carbono pueden complementar la energía eólica y solar.



Foto: TeerawatWinyarat / iStock

El cambio hacia los motores alternativos representa una contribución importante a la descarbonización del sector del transporte, pero no es suficiente. Basando en los conocimientos actuales, los barcos y aviones continuarán requiriendo combustibles líquidos o gaseosos por el futuro previsible.

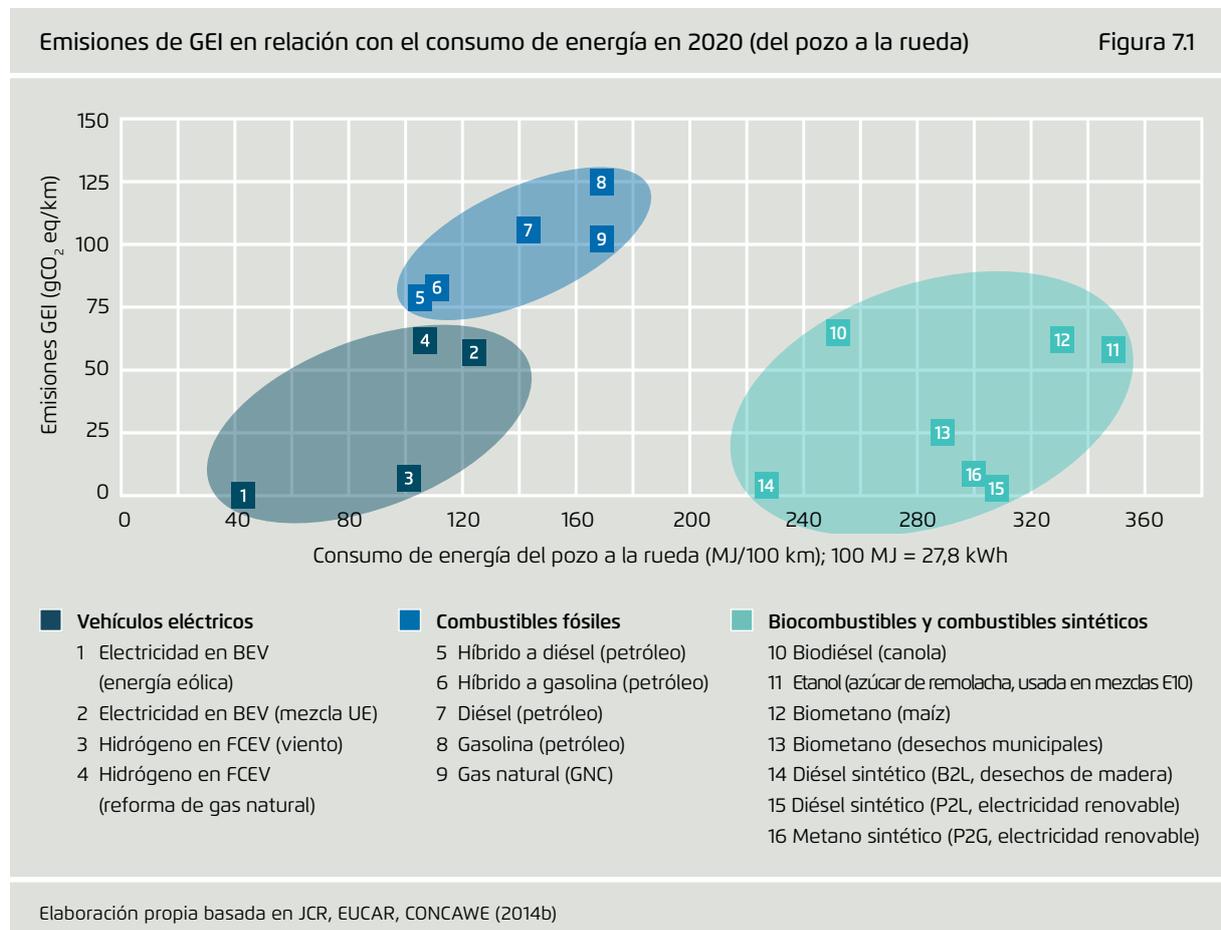
Los combustibles para la transición de la energía en el transporte deben ser neutros en carbono. A medida que el sector del transporte se descarboniza cada vez más, los vehículos deben ser impulsados directamente por electricidad de fuentes renovables o por líquidos o gases convertidos a partir de electricidad renovable y de ciertos biocombustibles con bajas emisiones de GEI.<sup>129</sup>

Las políticas climáticas y energéticas para los combustibles del futuro deben tomar en cuenta las emisiones de GEI y el consumo de energía del pozo a la rueda para los combustibles. Debido a sus altos niveles de emisiones de GEI, los combustibles fósiles líquidos tradicionales deben eliminarse gradualmente para descarbonizar el sector del transporte (figura 7.1).

En comparación con los combustibles fósiles, el gas natural produce menos CO<sub>2</sub> y, por lo tanto, tiene el potencial de disminuir las emisiones de GEI, pero esto no será suficiente para una descarbonización rigurosa del sector del transporte. El gas natural es solo un combustible puente, y debe ser reemplazado gradualmente por metano sintético u otros combustibles sintéticos.

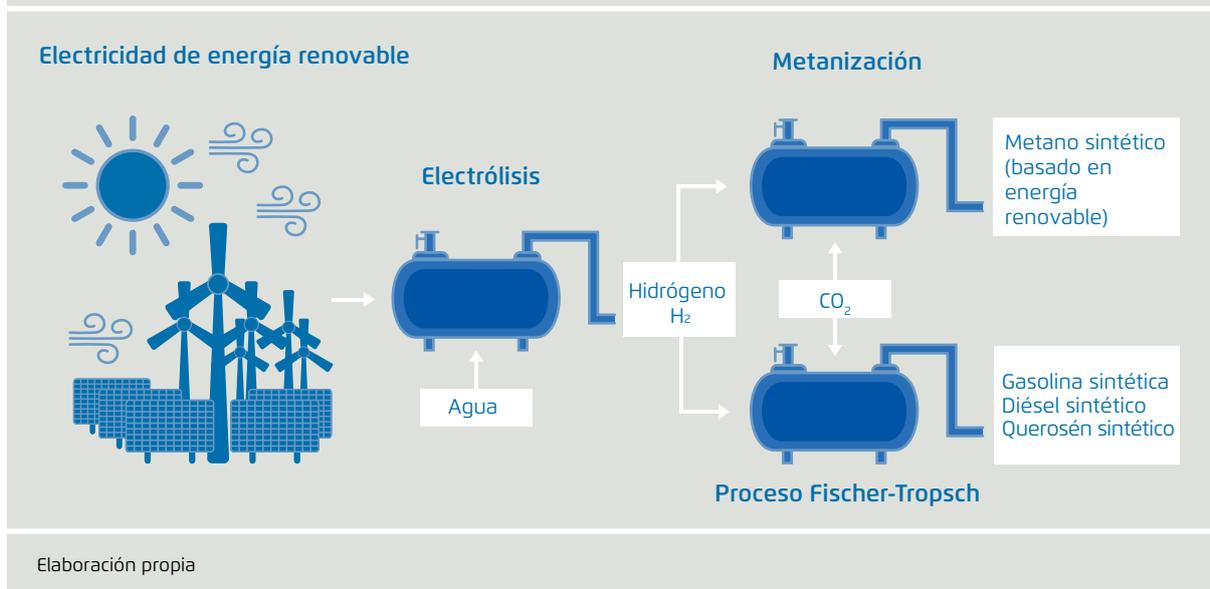
La figura 7.1 muestra que la electricidad de renovables es más limpia y eficiente en vehículos eléctricos a batería (BEV) y vehículos eléctricos con celdas de combustible

129 Véase INFRAS, Quantis (2015).



Proceso de producción de hidrógeno, metano P2G y combustibles P2G a partir de energía solar y eólica

Figura 7.2



Elaboración propia

(FCEV). Varios combustibles basados en electricidad también tienen buen rendimiento en cuanto a emisiones. Sin embargo, como los biocombustibles, consumen más energía y son menos eficientes que la electricidad usada en las baterías eléctricas y celdas de combustible. Además, las emisiones de GEI ilustradas en la figura 7.1 pueden ser mucho mayores debido al cambio indirecto del uso del terreno (ILUC).<sup>130</sup>

## Los combustibles neutros en carbono pueden complementar la electricidad, pero no sustituirla

Convertir electricidad en combustible requiere varios pasos. En primer lugar, la electricidad se usa para producir hidrógeno a partir de agua. El hidrógeno se puede usar

directamente en vehículos con celdas de combustible o se puede convertir en gas metano a través de tecnología P2G (electricidad-a-gas) o en combustibles líquidos usando un proceso P2L (electricidad-a-líquido). Los combustibles resultantes solo son neutros en carbono si la electricidad usada para su generación viene de renovables (figura 7.2).

Actualmente, la conversión de energía renovable en combustibles se está probando en varias instalaciones piloto pero aún no se ha comercializado. Una generación a gran escala de combustibles sostenibles basados en electricidad requiere más energía renovable de la que está disponible actualmente. Los expertos ahora estudian si, cuándo y cómo las plantas de P2G/P2L se pueden volver económicamente viables y amigables con el clima.

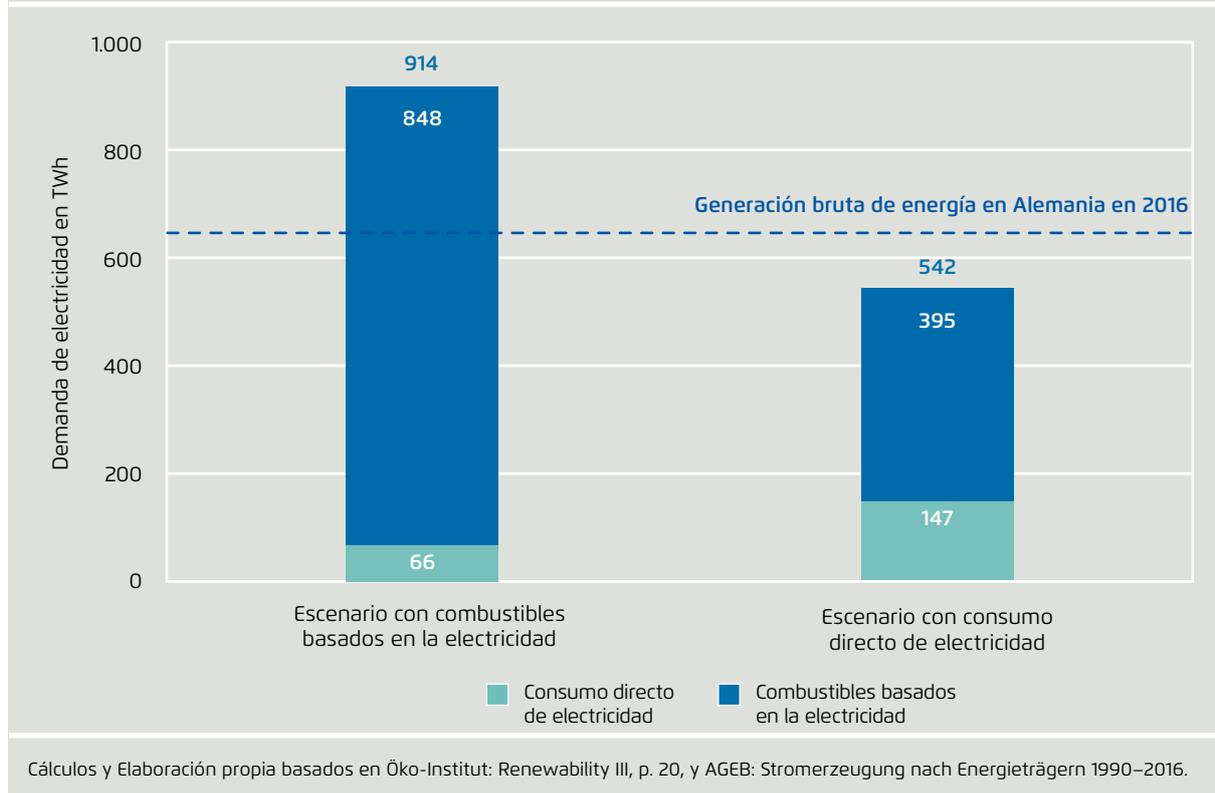
Los combustibles basados en electricidad tienen una desventaja significativa en relación con la electricidad directa para los vehículos eléctricos a batería: altas pérdidas de conversión. Las pérdidas de la producción de hidrógeno son más bajas que las de P2G y P2L ya que solo se necesita un paso de conversión.

Si el sector del transporte se descarbonizara usando en su mayor parte combustibles basados en electricidad, la demanda de electricidad para el transporte podría llegar

130 Los efectos del cambio del uso del terreno no están incluidos en los cálculos de JRC, EUCAR, CONCAWE (2014b). Las razones se discuten con más detalle en JRC, EUCAR, CONCAWE (2014a), p. 10: "Si creemos que estos efectos [del cambio del uso del terreno] probablemente tengan un impacto significativo en los resultados, pero el estado actual del conocimiento no nos permite estimarlo con confianza."

**Demanda de electricidad del sector del transporte (incluyendo viaje aéreo internacional desde Alemania y viaje marítimo con puertos alemanes) en relación con la estrategia de descarbonización**

**Figura 7.3**



a 914 teravatios hora (TWh) para 2050 (figura 7.3). Esto es más electricidad que la generación bruta de energía de Alemania en 2016.<sup>131</sup>

Una estrategia de descarbonización que dependiera principalmente de electricidad directa requeriría menos energía. Tal estrategia impulsaría la eficiencia tecnológica e incentivaría el uso de vehículos eléctricos y la construcción de catenarias para camiones (véase la Perspectiva 08). Pero incluso en este escenario, la demanda de energía sería muy alta (542 TWh) porque los aviones y barcos aún dependerían de combustibles basados en electricidad.<sup>132</sup>

Se pueden sacar dos conclusiones de esto. Primero, el uso de combustibles neutros en carbono se debería reservar solo para modos de transporte que no sean capaces de usar electricidad directamente.

Esto aplica en primer lugar al tráfico aéreo, que por el futuro cercano no tendrá una energía alternativa salvo combustibles sustitutos neutros en carbono. Lo mismo sucede con los barcos. Y como los aviones, deben volverse neutros en carbono dentro de algunas décadas. La segunda consecuencia es que, si bien los combustibles neutros en carbono representan un complemento necesario al uso directo de electricidad para modos individuales de transporte, no son una opción práctica para cada segmento.

131 Esta conversión está basada en datos del Öko-Institut (2016). En 2016, la producción bruta de electricidad en Alemania alcanzó alrededor de 648,2 TWh. Véase AGEB (2016b).

132 Esta conversión está basada en datos del Öko-Institut (2016).

## Los estándares de sostenibilidad aseguran la integridad de los combustibles basados en electricidad

Toda la evidencia indica que Alemania no será capaz de producir la electricidad adicional necesaria para un lanzamiento masivo de combustibles sintéticos. La expansión de turbinas eólicas y sistemas fotovoltaicos ya ha alcanzado los límites de la aceptación pública. Junto con las preocupaciones sobre los costos de producción, este es un signo seguro de que los combustibles basados en electricidad también deberán ser importados.

Ante esta casi certeza, Alemania debe presionar por la electricidad renovable neutra en carbono tanto dentro como fuera de sus fronteras. En esta conexión, los criterios de sostenibilidad deben estar definidos requiriendo que las plantas solares tengan suficientes cantidades de agua para la generación de hidrógeno. Tales criterios también deben definir otras condiciones básicas para la producción sostenible de esos combustibles. Esos criterios deben ser redactados y implementados internacionalmente tan pronto como sea posible.

Hasta la fecha, se sabe poco sobre el potencial mundial sostenible de estos combustibles. Esto, y el hecho de que su producción comercial todavía se está probando, subrayan aún más la importancia de usarlos solo cuando no hay alternativas disponibles.

El ejemplo de los biocombustibles muestra que subestimar la sostenibilidad puede llevar a una evaluación demasiado optimista del potencial de un combustible. En Alemania los biocombustibles se usan como un aditivo en combustibles fósiles. La proporción de energía renovable en el consumo final de energía del sector del transporte en 2015 fue apenas mayor al 5%, con los biocombustibles formando la proporción más grande.<sup>133</sup> Si van a contribuir a la descarbonización completa del sector del transporte, su producción deberá aumentar considerablemente sin debilitar los objetivos ambientales y de sostenibilidad. Desde la perspectiva de hoy, sin embargo, esto no parece realista. Tanto sus grandes requisitos de terreno como su baja eficiencia debilitan los potenciales beneficios.

Por ejemplo, los biocombustibles basados en alimentos ocupan valiosa tierra arable que otra forma podría usarse para la producción de comida para la alimentación humana o para la alimentación de los animales de cría. A medida que crece la demanda de biocombustibles, habrá más presión sobre las comunidades para usar áreas, que no estén siendo usadas para la agricultura, para el cultivo de plantas energéticas, dando lugar a un cambio indirecto del uso del terreno (ILUC, por sus siglas en inglés). Es probable que convertir áreas intactas o reservas naturales en terreno agrícola libere gases de efecto invernadero y destruya los hábitats de muchas plantas y animales.<sup>134</sup>

El potencial mundial para de la biomasa sostenible, por lo tanto, es limitado. Los combustibles de biomasa producida sosteniblemente en Alemania no serán suficientes para reemplazar las crecientes cantidades de diésel y gasolina. Lo mismo sucede con el resto del mundo. Un aumento notable de la proporción de biocombustibles en la demanda global de combustibles por encima del nivel actual del 3% llevaría a un aumento masivo del terreno agrícola.<sup>135</sup> Además de los cambios indirectos del uso del terreno, esto crearía más conflictos entre las industrias de producción de energía y de alimentos. Desde la perspectiva de la mitigación del cambio climático, entonces, los biocombustibles no ofrecen ni la cantidad ni la calidad de energía necesarias para una alternativa viable a los combustibles fósiles.

Los biocombustibles de desechos y productos residuales son diferentes a los biocombustibles de biomasa cultivada ya que no compiten por el terreno agrícola para comida humana y alimento para el ganado.

Pero las cantidades de estos biocombustibles en Alemania son limitadas – demasiado pequeñas, en cualquier caso, para hacer una diferencia en el sector del transporte. Lo mismo sucede en otros países. Globalmente, los biocombustibles de segunda generación de productos de deshecho de la agricultura y la silvicultura solo pueden proporcionar un máximo de entre 13 y 19 exajoules (EJ). En contraste, se estima que el consumo final global de energía del sector del transporte estará en el rango de entre 100 y 170 EJ para 2050.<sup>136</sup>

134 Véase BMVBS (2013).

135 Véase IEA (2016b).

136 Véase INFRAS, Quantis (2015), p. 16.

133 Véase BMWi (2016b).

Para que los biocombustibles contribuyan a la descarbonización, Alemania y Europa deben aprobar leyes que aseguren una gran reducción de los gases de efecto invernadero, adherencia a criterios de sostenibilidad y la eliminación del ILUC. Es dudoso que la nueva directiva de la UE, que se encuentra actualmente en discusión, para promover el uso de energía renovable (Directiva de Energía Renovable, RED II) provea incentivos adecuados para alcanzar el nivel necesario de descarbonización de los combustibles y los requisitos de sostenibilidad.

Ya sean biocombustibles, combustibles neutros en carbono o hidrógeno, ninguna de estas potenciales energías de propulsión está libre de problemas. Cada una trae consigo preguntas relacionadas con la infraestructura, promoción de la tecnología, dependencias de la importación, potencial de volumen y costos económicos que deben ser respondidas. Estas cuestiones también deben ser analizadas como parte de la transición energética en el transporte con el fin de identificar estrategias integrales y de minimizar los costos sociales de cambiar hacia combustibles neutros para el clima.

## Las políticas gubernamentales darán forma a la eliminación gradual del petróleo y el gas natural

A el largo plazo, los combustibles fósiles deben ser reemplazados por electricidad y combustibles neutros para el clima. Pero alcanzar esto requiere de un marco regulatorio más coherente. Por ejemplo, las políticas de impuestos a la energía. En la forma en que se han desarrollado históricamente, han servido a objetivos mixtos. De hecho, los impuestos a los combustibles no están especialmente dirigidos a la descarbonización del sector del transporte.

Sirven principalmente a otros propósitos (p. ej. políticas fiscales o de competencia). Pero estos propósitos pueden estar en conflicto entre sí. Por ejemplo, el impuesto a la energía es una importante fuente de ingresos estatales. Sin embargo, las políticas de competencia apuntan a asegurar que la industria alemana de transporte de mercancías no esté en desventaja en relación con sus competidores europeos. Esto ha

llevado a recortes de impuestos para el combustible diésel, privando al estado de casi 8.000 millones de euros de ingreso anual.<sup>137</sup>

El impuesto al diésel es 18,41 céntimos de euro por litro menor que el impuesto a la gasolina, aunque la combustión de 1 litro de diésel emite más CO<sub>2</sub> que un litro de gasolina (2,65 kg versus 2,37 kg). Los beneficios del diésel para el clima citados a menudo son solamente porque los motores a diésel son más eficientes que los motores a gasolina. Un impuesto uniforme para el diésel y la gasolina basado en sus niveles de energía y CO<sub>2</sub> sería un primer paso importante hacia el reemplazo completo de los combustibles fósiles con electricidad neutra para el clima.

---

137 Véase UBA (2016b).

Perspectiva

08

Sector de carga: fortalecer el sistema ferroviario y decarbonizar el transporte por carretera.



Foto: Bim / iStock

El sector del transporte de carga está creciendo, y junto con él, las emisiones de CO<sub>2</sub>. En 2004, el peso total de las mercancías transportadas en Alemania llegó a 4.000 millones de toneladas métricas. En 10 años, había crecido a 4.500 millones de toneladas métricas.<sup>138</sup> Entre 1990 y 2014, el tráfico de carga aumentó en alrededor de 350.000 millones de toneladas-km hasta 652.000 millones de toneladas-km.

Durante el mismo período, las emisiones de CO<sub>2</sub> del transporte de carga subieron de 37 millones de toneladas a 59 millones de toneladas, alrededor de un tercio del CO<sub>2</sub> emitido por el sector del transporte (véase la figura 8.1).

El Ministerio Federal de Transporte de Alemania ha pronosticado que para 2030 el transporte de carga habrá

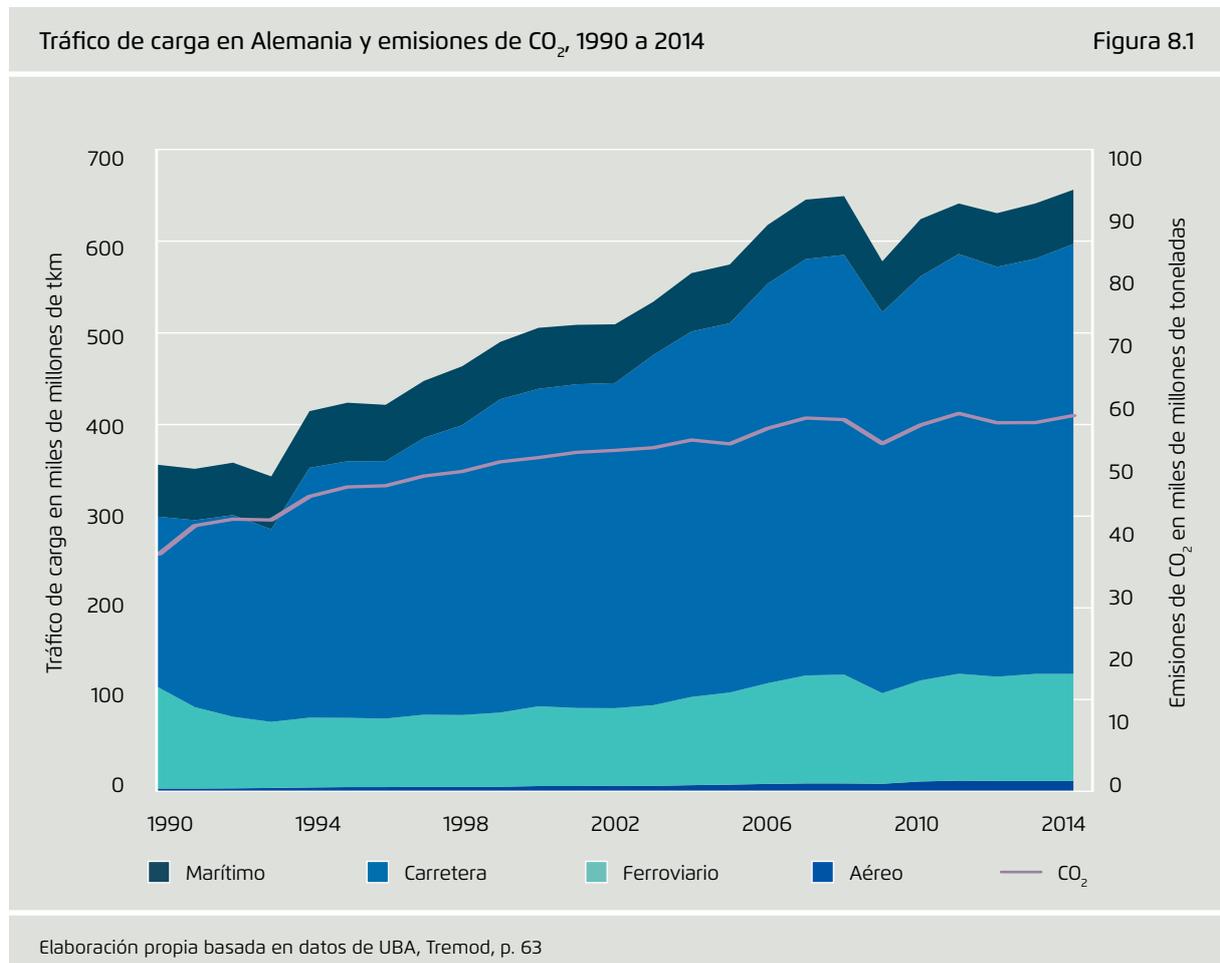
crecido un 38% por encima de los niveles de 2010.<sup>139</sup> En vista de este crecimiento, la descarbonización del tráfico de carga solo se puede lograr si la demanda final de energía cae significativamente y los combustibles fósiles son reemplazados por energía eólica y solar y por combustibles basados en renovables (véase la Perspectivas 6 y 7).

La distribución desigual del transporte de carga vial y ferroviario obstaculiza este objetivo. Los camiones representan el 71% del tráfico de carga; los trenes solo el 18% (figura 8.1).<sup>140</sup>

139 Véase BMVI (2014), p. 8.

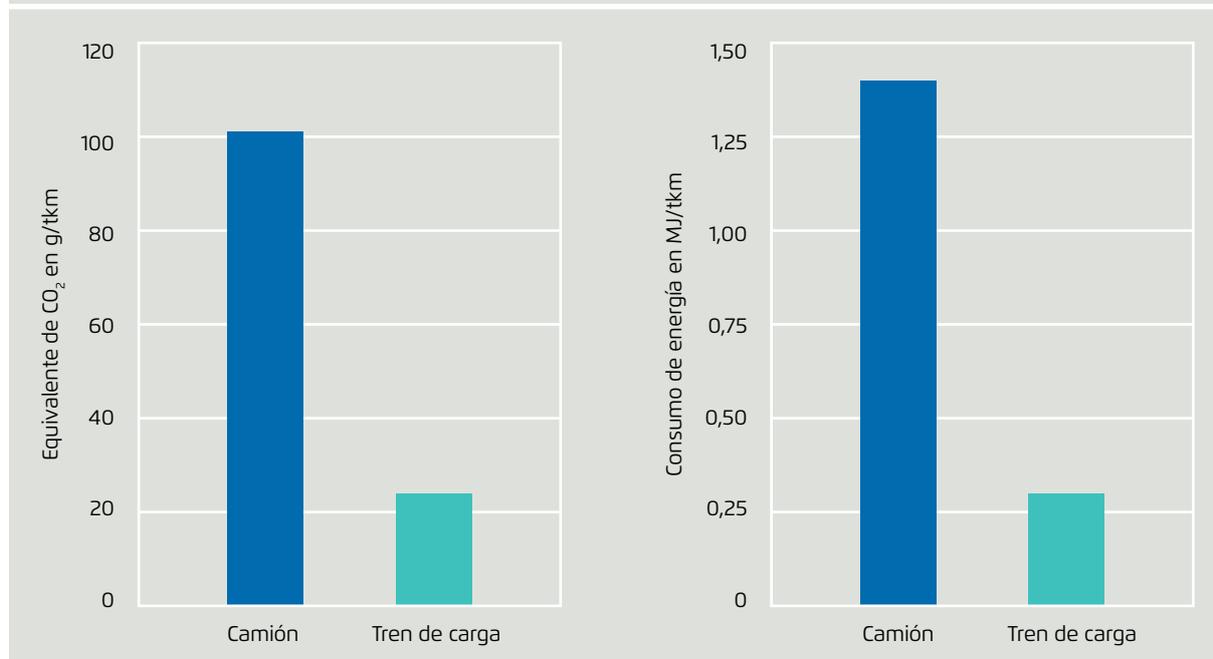
140 Cifras son de la Agencia Federal de Medio Ambiente de Alemania (UBA), Emissionen des Straßenverkehrs in Tonnen 2014, Tremod 5.63. La proporción del transporte por barco es del 9%; la carga aérea representa solo el 2%.

138 Véase Hütter, A. (2016).



Comparación de emisiones específicas y consumo de energía de camiones y trenes de carga en 2014

Figura 8.2



Elaboración propia basada en UBA (2016g)

Pero una tonelada-kilómetro por tren de carga requiere solo alrededor del 20% de la energía de una tonelada-kilómetro por camión, y causa solo alrededor del 25% de sus emisiones climáticas dañinas (figura 8.2).

Por lo tanto, incluso con el inminente cambio hacia proporciones mayores de electricidad renovable para el transporte por carretera, el sistema ferroviario existente es más eficiente que los camiones. Otra razón para respaldar al tráfico ferroviario es que no hay suficiente tierra disponible para expandir el sistema de autopistas de modo que pueda soportar más tráfico de carga. Ambos factores hablan significativamente a favor de aumentar la proporción de transporte de carga ferroviario.

Sin embargo, los pronósticos actuales esperan que los camiones continúen llevando la mayor parte de las cargas de Alemania hasta bien entrado el futuro. Por esta razón, es importante que los camiones cuenten con motores y combustibles neutros en carbono. Más aún, se debe introducir un concepto de propulsión para los camiones de carga de largas distancias a nivel europeo.

## Un transporte de carga competitivo aprovecha al máximo el potencial de las vías ferroviarias

Desde hace algún tiempo, los políticos han estado llamando a un cambio del tráfico de cargas desde las carreteras hacia las vías ferroviarias. La Estrategia Nacional Alemana de Sostenibilidad de 2002 apuntaba a aumentar el transporte de carga ferroviario en un 25% para 2015. Alemania quedó muy atrás de este objetivo, sin embargo, y no fijó nuevos objetivos en su Estrategia de Sostenibilidad de 2016. La Comisión Europea tampoco logrará alcanzar su meta actual de usar trenes y barcos para reducir un 30% del transporte de carga por carretera para distancias mayores a 300 kilómetros si las condiciones para el transporte de carga ferroviario no mejoran.<sup>141</sup> Se necesitan avances en logística ferroviaria, infraestructura, financiamiento y mitigación del ruido. Además, si bien el transporte ferroviario es más eficiente que el transporte por carretera, debe usar su energía de forma más económica.

141 EU-KOM (2011), p. 9.

Hay varias formas de transportar mercancías por vías ferroviarias: tradicionalmente, los beneficios del transporte ferroviario se maximizan cuando se transportan grandes cargas a través de largas distancias. Por ejemplo, a menudo se usan trenes completos para envíos de mercancías de gran volumen (p. ej. pellets de madera o materiales reciclados). Hoy en día, los bienes de consumo de alto valor de producción se transportan en cargas cada vez más pequeñas y los trenes completos solo son responsables de una porción del envío en este segmento (p. ej. en el transporte desde puertos al interior del país).

Los trenes completos juegan un papel importante en lo que se conoce como Transporte Combinado (CT, por sus siglas en inglés). Los contenedores u otros cuerpos intercambiables se llevan en camión a las terminales de CT, donde se cargan en trenes. Cuando los trenes llegan a su terminal CT de destino, sus cargas se colocan en camiones que las llevan al destinatario. Estas terminales son cruciales para la integración del tráfico por carretera y ferroviario.

Debido al predominio de procesos de producción justo a tiempo, muchas compañías hoy ya no son capaces de llenar un tren completo con mercancías. La demanda de transporte de un solo vagón favorece al transporte combinado, y a la carga de carros individuales y por vagón, en la que los grupos de carros y vagones se reúnen en los patios ferroviarios. Este agrupamiento es necesario económicamente pero todavía demasiado caro y lento comparado con el transporte por carretera. La automatización y digitalización pueden disminuir los costos, aumentar la eficiencia y hacer del tráfico ferroviario una opción más atractiva.

Un problema es que muchas compañías que producen bienes apropiados para el transporte ferroviario ya no poseen sus propias vías para conectar la fábrica con el sistema ferroviario. Las vías industriales abandonadas deberían revisarse para ver si una reactivación es posible y beneficiosa. Por otro lado las compañías sin vías propias que transporten cargas menores a un vagón dependen de centros de logística. Estos centros posibilitan que haya cadenas de transporte intermodal basadas en combinaciones flexibles de carga por vagón o menor. Los centros de logística intermodales como estos también pueden funcionar como redes radiales. Estas permiten el agrupamiento inteligente y la reorganización

de trenes en los nodos, canalizando los trenes a lo largo de radios, o rayos, que se extienden desde los nodos. Los envíos no necesariamente toman el camino más corto del punto A al punto B, pero este sistema asegura que los trenes se carguen eficientemente, lo que ahorra costos.

Si el transporte de carga ferroviario se vuelve más atractivo, aumentarán las presiones para expandir la capacidad de las vías. En 2014, el transporte ferroviario llegó a un total de 117.000 millones de toneladas-kilómetro. El escenario de cambio climático de la Agencia Federal de Medio Ambiente de Alemania proyecta que el transporte ferroviario podría aumentar a 280.000 millones de toneladas-kilómetro para 2050, mientras que el escenario habitual pronostica solo 186.000 millones de toneladas-kilómetro.<sup>142</sup> Por lo tanto, el potencial de crecimiento del transporte ferroviario es grande, siempre y cuando las capacidades existentes se usen mejor expandiendo el sistema ferroviario y evitando cuellos de botella en los nodos. La prioridad más alta debe ser agrandar los corredores principales que salen de los puertos a lo largo del Mar del Norte en Alemania y en Amberes, Róterdam y Ámsterdam.

Una razón por la que no pasó más tráfico de carga desde las carreteras hacia las vías ferroviarias, a pesar de llamados a la acción desde hace décadas, es la carga de costos desigual. Esto es particularmente visible en las tasas impuestas sobre las líneas ferroviarias y los camiones y en los impuestos sobre electricidad y diésel. Los índices de precio en la figura 8.3 muestran las discrepancias causadas por las tarifas desiguales sobre el tráfico de carga ferroviario y el de carretera.

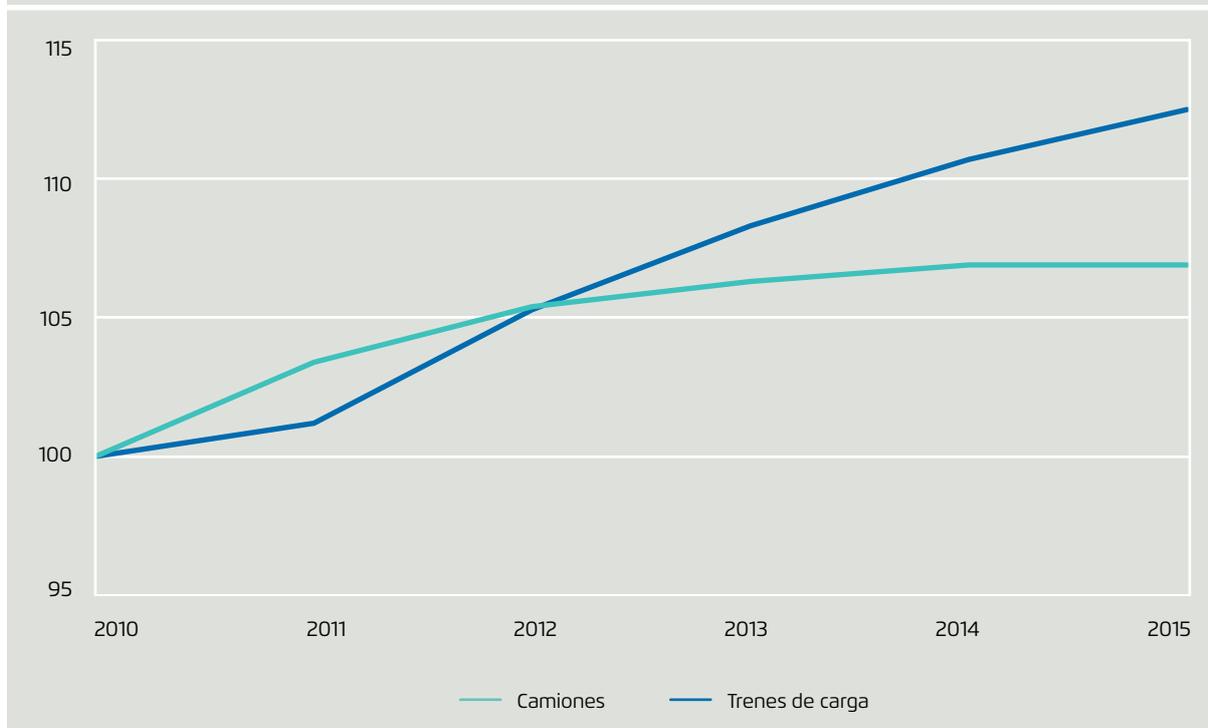
Las palancas centrales que podrían cerrar las brechas de costo son: imponer peajes sobre todos los camiones y calles basados en los costos externos del CO<sub>2</sub><sup>143</sup> y bajar las tarifas ferroviarias para los trenes (véase la perspectiva 10). Además, el gobierno debe hacer más para monitorear y sancionar el ampliamente difundido dumping salarial en el sector del transporte vial, otro factor que inclina la competencia en contra de la carga ferroviaria.

142 Véase Ifeu, INFRAS, LBST (2016).

143 Véase INFRAS, Fraunhofer ISI (2016).

Índice de precios de productores para tráfico de carga por carretera y ferroviario (2010 = 100)

Figura 8.3



Elaboración propia basada en Destatis (2017), p. 21 y p. 63

Aunque el transporte ferroviario es mejor para el ambiente que el transporte por carretera, aún se debe mejorar. Esto es especialmente cierto porque su ventaja ambiental desaparecerá una vez que los camiones neutros en carbono lleguen a las calles en número significativo. Las líneas ferroviarias que todavía no se han electrificado deben ser electrificadas lo antes posible. Si hay buenos argumentos contra la electrificación de ciertas secciones de las vías (por ejemplo, porque se usan con poca frecuencia), los trenes a hidrógeno o a batería son buenas alternativas. Si se continúan usando locomotoras a diésel, se deben introducir nuevos estándares para reducir los contaminantes dañinos. Además, la aceptación pública de las líneas de carga puede mejorar significativamente si los trenes cuentan con sistemas de frenado modernos que hagan el tráfico ferroviario mucho más silencioso.

Pero incluso si la capacidad vial en Alemania aumenta marcadamente y se llevan por transporte ferroviario todos las mercancías apropiadas para este, los pronós-

ticos actuales de crecimiento predicen que para 2050 el transporte ferroviario representará no más del 30% del transporte de carga total de Alemania (en toneladas-kilómetros).<sup>144</sup> Una descarbonización completa del tráfico de carga requerirá un cambio significativo del transporte por carretera hacia el ferroviario, junto con el desarrollo de camiones eficientes neutros en carbono.

### Las políticas europeas muestran el camino hacia el camión neutro en carbono

La opción de propulsión por energía limpia que dominará los camiones pesados de larga distancia todavía no está clara. Hasta que sepamos qué tecnología saldrá triunfante, deberíamos aprovechar las diversas opciones para hacer más eficientes los camiones,<sup>145</sup> inclu-

144 Véase Ifeu, INFRAS, LBST (2016), p. 25.

145 Aquí, el término camión incluye tráileres.

yendo mejores motores, mejor aerodinámica, menos fricción rodante, construcción más liviana, límites de velocidad y consumidores auxiliares optimizados. El potencial para aumentar la eficiencia es considerable.

Los camiones con tráiler con un peso total permisible de 40 toneladas (estándar para los camiones de larga distancia) tienen un potencial de ahorro del 25% al 40%.<sup>146</sup> Tales ahorros son alcanzables principalmente con objetivos de CO<sub>2</sub> obligatorios para las flotas tales como los que introdujo la UE para los automóviles de pasajeros y los vehículos utilitarios livianos en 2009. La Comisión Europea actualmente está preparando una regulación para camiones y otros vehículos pesados. En el futuro, se pueden obtener ganancias de eficiencia adicionales a través del acoplamiento de múltiples camiones semiautónomos en las autopistas, o de camiones alineándose en grupos cerrados para reducir el arrastre del viento.

En 2017, Alemania permitió los camiones extralargos llamados "gigaliners" en ciertos tipos de rutas. Estos camiones, que pueden tener un largo máximo de 18,75 metros, han sido criticados por distorsionar la competencia entre el transporte ferroviario y el de carretera a favor de este último.<sup>147</sup> Alemania no planea subir el peso total permitido de 40 toneladas (o 44 toneladas en tráfico combinado) a las 60 toneladas permitidas en los Países Bajos y Dinamarca o las 64 toneladas permitidas en Suecia, aunque es dudoso que esta restricción siga vigente para el transporte transfronterizo. Además, el aumento de 1,3 metros en el largo de tráiler permisible llevará al reemplazo gradual de los tráileres existentes.<sup>148</sup> Pero estos camiones extralargos no entrarán en los vagones usados en Europa para el tráfico combinado. Ante a la evidencia de que el sector del tráfico combinado se está debilitando, se necesitan con urgencia reformas a las regulaciones de camiones de gran tamaño.

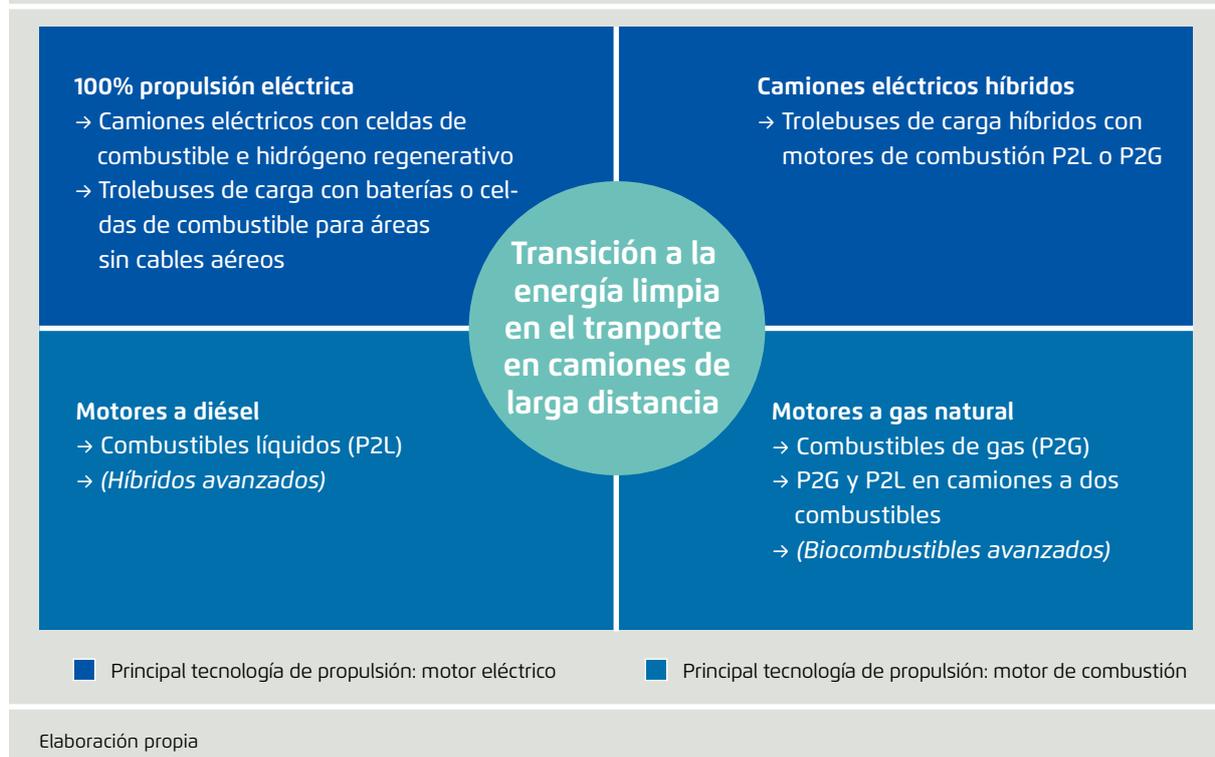
146 Véase Ifeu, TU Graz (2015), p. 22; y Mock, P. (2016), p. 15.

147 Véase Sonntag, H.; Liedtke, G. (2015).

148 Véase BASt (2016).

Posibles tecnologías de propulsión y fuentes de energía para transporte de larga distancia en camiones neutros en carbono

Figura 8.4



Debido a su naturaleza, el transporte por camiones de larga distancia a menudo cruza fronteras nacionales. Por lo tanto, los enfoques hacia la energía motriz neutra en carbono se deben coordinar a nivel europeo, para que cada país tenga la infraestructura necesaria (tal como un sistema de catenarias). Si esto no sucede, las empresas de logística no decidirán actualizar sus camiones diésel o cambiar hacia nuevos sistemas de carga. Y los fabricantes de vehículos no decidirán introducir nuevos modelos bajos en carbono. Hay varios conceptos de trenes motrices basados en electricidad para el transporte de carga de larga distancia en la era post-fósil (figura 8.4). Los biocombustibles avanzados están sujetos a las restricciones descritas en la Perspectiva 7.

Al igual que con los automóviles de pasajeros, la opción más eficiente y económica para la descarbonización es el uso directo de electricidad solar y eólica. Pero basándose en los desarrollos tecnológicos previsibles, las baterías en 2050 todavía no alcanzarán los rangos de autonomía típicos en el tráfico de carga de larga distancia, pues los tráileres y los camiones que pesan hasta 40 toneladas hacen viajes de 1.000 kilómetros y más.<sup>149</sup> La opción más asequible para evitar restricciones de autonomía es combinar catenarias con diésel P2L neutro en carbono y/o baterías para secciones de la carretera fuera del sistema de catenarias.<sup>150</sup> Además de la tecnología, la mayor dificultad consiste en la coordinación de financiamiento internacional y en la construcción de una infraestructura de catenarias en toda Europa. Por el contrario una solución con diésel P2L como combustible sustituto enfrentaría menos obstáculos para su implementación.

Los camiones a gas natural licuado (GNL) que pueden usar metano P2G licuado en el futuro ofrecen tanto oportunidades como riesgos para la transformación del sector del transporte. Por un lado, los camiones a GNL ya están disponibles hoy y hay una red de estaciones de GNL actualmente en preparación. Además, los camiones a GNL producen (marginalmente) menos emisiones que sus contrapartes a diésel,<sup>151</sup> y la producción del metano sintético líquido es algo más eficiente que el P2L. Por otro lado, el gas natural es un combustible fósil y, como

tal, a lo sumo puede servir como tecnología puente (véase la Perspectiva 6). Si la tecnología GNL se expande, las dependencias resultantes de este camino harán más difícil cambiar a camiones libres de CO<sub>2</sub>. Aún más, las inversiones en vehículos y estaciones de carga GNL disminuirán las posibilidades de implementar catenarias o sistemas de celdas de combustible.

Pero se debería señalar que las discusiones sobre combustibles basados en electricidad tal como el metano líquido P2G han tenido lugar mayormente en Alemania. En cualquier caso, el ejemplo del GNL muestra que el gobierno federal alemán y la Comisión Europea deben desarrollar un concepto de propulsión coordinado a nivel europeo. Al mismo tiempo, los gobiernos deben enfocarse en lograr a un aumento significativo en la eficiencia vehicular.

149 Véase INFRAS, Quantis (2015).

150 Véase Öko-Institut, KIT, INFRAS (2016).

151 Véase Ifeu, TU Graz (2015). La intensidad de carbono del GNL varía en gran medida según las cadenas de suministro.



Perspectiva

09

El suministro energético y el sector del transporte se benefician del acoplamiento de sectores.



Foto: TimmTom / photocase.de

Se proyecta que la electricidad eólica y solar se volverá la fuente principal de energía para el transporte en el futuro (véase la Perspectivas 6 y 7). Pero las emisiones de CO<sub>2</sub> nacionales solo disminuirán si se genera una cantidad adicional de energía renovable. En consecuencia, es crucial para la transición hacia la energía limpia seguir el ritmo de la transformación del sector del transporte.

Si bien la proporción de generación de electricidad a partir de energía eólica y solar en Alemania está creciendo rápidamente, estas fuentes de energía dependen de las condiciones meteorológicas. Por lo tanto, es aún más importante coordinar niveles flexibles de oferta y demanda. Los automóviles eléctricos pueden ser parte de la solución si están equipados con capacidades de carga inteligentes o bidireccionales. Los sectores del transporte y la energía pueden beneficiarse mucho a través de este tipo de colaboración, conocida como acoplamiento de sectores.

## La energía eólica y solar adicional impulsará la transición energética en el sector del transporte

En 2015, Alemania generó 651 teravatios-hora (TWh) de electricidad,<sup>152</sup> de los cuales el sector del transporte consumió solo 12 TWh.<sup>153</sup> Los escenarios actuales predicen que para 2050 la demanda de electricidad en el sector del transporte aumentará a alrededor de 900 TWh (véase la Perspectiva 7). Este aumento se debe en parte a la mayor demanda de servicios de transporte. Las predicciones difieren mucho acerca de cómo aumentará la demanda directa e indirecta después de 2030 debido al aumento en el uso de combustibles sintéticos basados en electricidad.<sup>154</sup> Dado que el potencial anual sostenible total de energía renovable es de 1.000 TWh, parece que Alemania se volverá dependiente de las importaciones de electricidad y/o combustibles basados en electricidad.<sup>155</sup>

152 Véase AGEb (2016a).

153 En 2015, la energía renovable representó el 30% o 196 TWh de la generación bruta de electricidad en Alemania. Véase AGEb (2016b).

154 El uso total de electricidad más alto proyectado para el sector del transporte es de 2.000 TWh. Véase LBST (2016).

155 Véase DLR, Ifeu, LBST, DBFZ (2015).

El gobierno alemán pretende reducir el consumo total de electricidad en un 25% para 2050 en relación con los 460 TWh usados en 2008. Durante el mismo período, el gobierno pretende aumentar la proporción de energía renovable al 80% de la generación total de energía. Si se alcanzan estos objetivos, las fuentes de energía renovable generarán alrededor de 370 TWh anualmente. Pero la reducción en el uso total de energía no es realista dada la demanda adicional proyectada para el sector del transporte. Del mismo modo, los objetivos de energía renovable son incompatibles con la meta de descarbonizar la economía, incluyendo el sector del transporte. La expansión de la energía renovable necesita un impulso significativo para alcanzar los objetivos climáticos de 2050.

## La electromovilidad ofrece flexibilidad al sector de la energía

El acoplamiento de los sectores del transporte y la energía puede asegurar que la demanda de electricidad en el sector del transporte coincida con la oferta de electricidad renovable. Sin embargo, este acoplamiento también puede desestabilizar el suministro energético si, por ejemplo, muchos vehículos eléctricos se cargan al mismo tiempo o si la demanda de electricidad en otros sectores es alta, y solo se están generando pequeñas cantidades de electricidad.<sup>156</sup> Si se usan sistemas inteligentes de gestión de la energía, sin embargo, de modo que la carga solo ocurra cuando hay oferta, los beneficios de flexibilidad adicionales contribuirán positivamente al suministro energético.

El acoplamiento de sectores también puede incluir la carga bidireccional (alimentar energía a la red desde la batería de un vehículo eléctrico). Esta nueva tecnología convierte los vehículos eléctricos en baterías provisionales, que pueden suministrar energía cuando la energía eólica y solar escasean y almacenar energía cuando hay exceso de producción (figura 9.1). Para cerrar la brecha entre la oferta y la demanda, tanto los productores como los consumidores deben volverse más flexibles. La carga inteligente y la carga bidireccional son dos formas de conseguir esto.

156 Véase Schill, W.-P. et al. (2015).

Por ahora, sin embargo, no existen modelos comerciales viables que usen automóviles eléctricos para este propósito.<sup>157</sup> Tampoco está claro cómo las baterías soportarán la carga bidireccional a largo plazo. Sea como sea, la carga inteligente es la única opción practicable para los vehículos eléctricos impulsados por energía renovable.

Es necesario encontrar políticas que hagan posible la carga inteligente y bidireccional. En particular, es importante que los planificadores se aseguren de que la infraestructura de carga que creen posea esta tecnología (véase la Perspectivas 6 y 10).

Los operadores de red y los productores de energía podrían usar tarifas para crear incentivos para la carga inteligente y bidireccional. Hacer esto requerirá regulación apropiada, además de capacidades tecnológi-

cas. Pero también es importante expandir las redes de distribución de energía mientras se tienen en mente los requisitos futuros para estaciones de carga rápida.<sup>158</sup>

Aunque la carga inteligente basada en costos puede complementar las instalaciones fotovoltaicas cuando la demanda de renovables es alta, también puede conducir por la noche a una demanda aumentada de electricidad barata a partir de plantas de energía de lignito, que son grandes emisores de CO<sub>2</sub>. Para asegurar que la generación le siga el ritmo a la demanda del sector del transporte, las capacidades para generar electricidad a partir de energías renovables en Alemania deben crecer a un paso mucho más rápido que el actual.

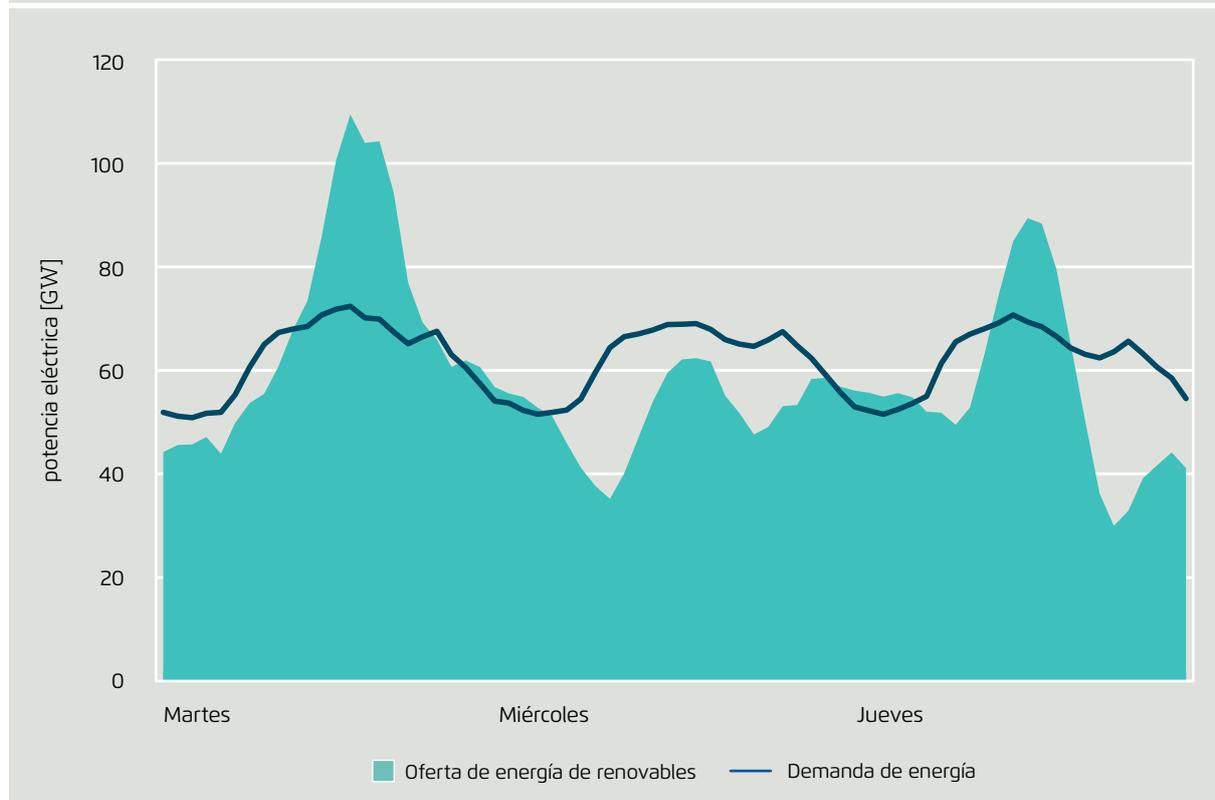
Las unidades de batería domésticas cargadas por paneles solares en los techos privados son otra opción para la

157 Véase Volkswagen AG; Lichtblick SE; SMA Technology AG; Fraunhofer IWES (2016).

158 Véase EU COM (2016b).

Escenario de demanda y generación de energía en 2030

Figura 9.1



Cálculos de los autores y estimaciones realizadas por Agora Energiewende

carga nocturna y para disminuir la dependencia de centrales eléctricas convencionales. La energía almacenada en las baterías domésticas se puede usar para cargar parcialmente los vehículos durante la noche. (Incluso las baterías parcialmente cargadas pueden ser un factor importante para las distancias cortas que los automóviles viajan típicamente en un día cualquiera.) Además, los hogares con sus propios sistemas fotovoltaicos ahorran en los costos impuestos por el estado sobre el precio de la electricidad. Esta generación descentralizada representa una alternativa atractiva para muchas personas y se puede entender como un modo de acelerar la transición energética en el transporte.

En el futuro, las baterías de segunda vida –baterías cuyo rendimiento ya no basta para proporcionar energía de propulsión a los vehículos (su propósito original)—podrían usarse en los hogares. Hasta ahora, las baterías recuperadas solo han encontrado un uso rentable en el sector industrial, donde se vinculan entre sí para formar unidades más grandes que dan estabilidad extra a la red. Actualmente, sin embargo, no hay políticas económicas ni regulaciones que gobiernen el uso doméstico de las baterías de segunda vida. Una razón es que las baterías recuperadas deben cumplir los mismos estándares de calidad que las nuevas, y es dudoso que los proveedores respondan por la seguridad de las baterías dado que no vienen con información sobre las temperaturas y ciclos de carga de su primera vida. Otra razón es que la producción de baterías más eficientes y baratas presumiblemente reducirán la magnitud de los ahorros de costos que se pueden obtener al usar baterías de segunda vida.

Otra opción de almacenamiento para la flexibilidad es la producción de hidrógeno usando excedente de energía. El hidrógeno se puede usar entonces directamente o convertirse en metano o combustible líquido para los vehículos. Pero esta opción presenta sus dificultades. Los electrolizadores (instalaciones que generan hidrógeno a través de la electrólisis) son más eficientes y costo-efectivos cuando operan a capacidad plena, debido a sus altos costos de inversión.

El uso ocasional de electrolizadores para gestión de carga no tiene sentido económico.<sup>159</sup> Una vez que la transición energética en Alemania haya llegado a un punto

en el que la energía renovable sea la principal fuente de energía, la reconversión del hidrógeno almacenado se podría usar para equilibrar las diferencias estacionales en la producción de electricidad. Esto puede ser crucial durante los días o semanas en los que ni la energía eólica ni la solar generan suficiente energía. La tecnología P2G tendría así una función de reserva de seguridad.<sup>160</sup> Con la tecnología existente, sin embargo, la eficiencia total de la producción, almacenamiento y reconversión de hidrógeno no llega a más del 40%.<sup>161</sup> Un punto adicional es que, en una economía post-fósil, la industria química también requerirá grandes cantidades de hidrógeno y compuestos carbonados tales como metano producido a base de electricidad.

159 Véase UBA (2016a).

160 Véase BMWi (2016d).

161 Véase EFZN (2013).

Perspectiva  
**10**

Repensando la planeación y el financiamiento de la infraestructura de transporte.



Foto: urbancow / iStock

La infraestructura del transporte del futuro no consistirá solo de carreteras, vías ferroviarias y puentes. También incluirá puntos de carga para vehículos eléctricos, estaciones de servicio para combustibles alternativos, y varios tipos de infraestructura digital, incluyendo internet de alta velocidad ampliamente disponible. Las decisiones con respecto a futuras inversiones en infraestructura tienen el potencial de acelerar la transformación del transporte o, de atrincherarse en el sistema de transporte existente, y hacer aún más difícil y costoso el cambio. Hay dos desafíos principales en esta área: (1) convertir y mantener la infraestructura de modo que los costos se distribuyan justamente siguiendo criterios ambientales y sociales; y (2) encontrar fuentes de financiamiento que compensen por los ingresos mermanes de los impuestos vehiculares y combustibles fósiles.

## La planificación de infraestructura inteligente puede incentivar la reducción de las emisiones

En 2016 se adoptó la versión revisada del Plan Federal de Infraestructura del Transporte (*Bundesverkehrswegeplan*), el documento de planificación de infraestructura de transporte más importante del gobierno federal.<sup>162</sup> Este documento de planificación prevé 270.000 millones de euros en inversiones hasta 2030. Si bien el Plan Federal de Infraestructura del Transporte identifica la reducción de emisiones dañinas y gases de efecto invernadero como una prioridad general, los proyectos de inversión planeados solo llevarán a reducciones anuales de CO<sub>2</sub> de 400.000 millones de toneladas.<sup>163</sup> De esta forma, el Plan Federal de Infraestructura del Transporte 2030 no se adhiere a los objetivos del Plan de Acción Climática 2050 (*Klimaschutzplan*), que también fue adoptado en 2016. El Plan de Acción Climática 2050 prevé reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> del sector del transporte del 40% al 42% con respecto a los niveles de 1990 para 2030. Como actualmente el sector emite unas 160 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> anuales, se necesitan reducciones de 4,7 millones de toneladas por año.

Ante este trasfondo, se necesita revisar el Plan Federal de Infraestructura del Transporte y las leyes suplementarias asociadas con el objetivo de identificar si se pueden hacer ajustes para que la planificación concuerde con los objetivos de reducción de emisiones. Creemos que los ajustes deberían seguir una Política de Transformación del Transporte 2030 (*Verkehrswendekonzept 2030*) que todavía debe ser desarrollada. Esta política debería estipular las medidas necesarias para dar lugar a la transformación del transporte (véase la Perspectiva 1). Como documento de planificación integral, la Política de Transformación del Transporte 2030 debería tomar en cuenta factores económicos, ecológicos y sociales de forma equilibrada y optimizar el sistema de transporte en general.<sup>164</sup> Con el fin de asegurar el apoyo la población, el desarrollo de la Política de Transformación del Transporte 2030 debería permitir la participación de la ciudadanía y transferir la responsabilidad de la toma de decisiones al nivel local.<sup>165</sup> Al tratar a las autoridades locales como más que simple agentes que ejecutan órdenes desde arriba, se puede promover la participación desde abajo y, al mismo tiempo, debilitar las tendencias a desarrollar proyectos de infraestructura excesivamente grandes.<sup>166</sup>

La planificación de la infraestructura de transporte debería estar guiada por el principio de "rieles antes que carreteras". De hecho, para que la revolución de la movilidad y la transición a la energía limpia en el transporte tengan éxito, será esencial establecer prioridades y objetivos de financiamiento y la planificación de infraestructura con el fin de alcanzar el mayor cambio posible desde el transporte por carretera hacia el ferroviario. Pero no bastará con simplemente invertir menos en las calles y más en capacidades ferroviarias. Se deben mejorar los recursos humanos dedicados a la planificación e ingeniería de la nueva infraestructura ferroviaria. Además, sería beneficioso asignar fondos para la expansión de la red ferroviaria por períodos mayores a cinco años, que es el período de tiempo normal para los presupuestos actualmente. Con el fin de alcanzar los objetivos de reducción de las emisiones en el sector del transporte, la capacidad de carga de la infraestructura existente se debe mejorar aún más a través de la digitalización, automatización y tecnología de señalización mejorada.

162 BMVI (2016d).

163 BMVI (2016d), p. 24 ss.

164 Bracher, T. et al. (2014).

165 Roland Berger (2013).

166 Bodewig-Kommission (2013).

La expansión de la red ferroviaria debería orientarse a mejorar los corredores principales de Europa. Se debería hacer foco particularmente en la eliminación de cuellos de botella en "áreas del puerto al interior" y en nodos ferroviarios particularmente concurridos, tales como Colonia. Agregar nueva capacidad a los nodos más ocupados será esencial para reducir atrasos crónicos en el transporte de personas y mercancías.

Un objetivo adicional importante debería ser crear suficientes oportunidades para que los trenes puedan adelantarse los unos a los otros, ya que es usual que haya diferentes velocidades de viaje al transportar personas y mercancías. La mejora de las redes ferroviarias para los trenes de carga, que en Europa típicamente son de 740 metros de largo, sería relativamente barata, pero no se le ha asignado una alta prioridad en la planificación de infraestructura hasta la fecha.

Si bien el transporte ferroviario tiene ventajas ambientales inherentes, como modo de transporte se está enfrentando con estándares ambientales cada vez más estrictos. La electrificación de las líneas ferroviarias es un desafío clave actualmente. Alrededor del 59% de las líneas están electrificadas, pero este porcentaje es demasiado bajo. Si la instalación de catenarias es económicamente ineficiente debido a su uso irregular, se deberían emplear trenes neutros en carbono con baterías y/o tecnología de celdas de combustible. Además, el ruido creado por el transporte ferroviario se debe reducir no solo para incentivar el apoyo público a la expansión de las redes ferroviarias, sino también por razones de salud humana (véase la Perspectiva 8).

Al planificar la infraestructura vial, se deberían considerar en mayor medida las alternativas a la nueva construcción o expansión; en algunos casos, incluso tendría sentido eliminar ciertas rutas. Durante la planificación se le debería dar una prioridad clave al "panorama completo", incluyendo la integración de redes a través de Europa, así como cuestiones espaciales y de planificación regional. Debería ser posible evitar ciertas medidas de expansión de la infraestructura mejorando la integración de los actores locales y regionales. Por ejemplo, al tomar en cuenta las necesidades económicas, ecológicas y sociales de la infraestructura de transporte, se podría concluir que es preferible modificar ruta de viaje a través de una ciudad es preferible a dirigir el tráfico alrededor

de esa ciudad. Por mencionar otro ejemplo, la rehabilitación de viejos puentes ferroviarios puede ser preferible a la construcción de nuevos puentes de carreteras.<sup>167</sup>

## La infraestructura del futuro es más que concreto y acero

De esta forma, el transporte ferroviario en combinación con soluciones de movilidad compartida y multimodal serán componentes importantes de la infraestructura de transporte del futuro. Pero también necesitaremos nueva infraestructura digital, puntos de carga para vehículos eléctricos y estaciones de combustibles alternativos.

El gobierno deberá coordinar la amplia implementación de infraestructura para cargar vehículos eléctricos, asegurando al mismo tiempo la adherencia a estándares técnicos. Con respecto a esto, los reguladores deberán adoptar estándares comunes para cables y enchufes (y, potencialmente, para carga inductiva sin cables) y a la vez asegurar un mercado abierto para la competencia. Además, se deben garantizar métodos de facturación transparentes para los servicios de estaciones de carga. Las "tarjetas de movilidad" que permiten a los usuarios usar diferentes modos de transporte en forma flexible para llegar a sus destinos deberían incorporar la posibilidad de usar estaciones de carga operadas por diferentes proveedores.

También es probable que establecer estándares universales para instalar catenarias e infraestructura de combustibles de hidrógeno para camiones de larga distancia sea una cuestión importante. Como parte de la implementación de la Directiva de la UE para el Despliegue de Infraestructura para Combustibles Alternativos, los diseñadores de políticas deberían considerar si es conveniente proporcionar subsidios para varios tipos de combustibles alternativos al mismo tiempo. Potencialmente, podría ser más beneficioso seleccionar una única solución de combustible para los subsidios con el fin de minimizar los costos económicos y generar sinergias (véase la Perspectiva 8).

La expansión de la infraestructura digital representa un pilar de la transformación del transporte. La amplia disponibilidad de banda ancha de alta velocidad y de

---

167 BUND (2017).

internet móvil, así como la adopción del estándar de internet móvil 5G serán un trampolín importante para impulsar la innovación basada en tecnología en el sector del transporte. En particular, el internet de alta velocidad extendida ayudará a permitir soluciones de transporte semi-automáticas, que podrían automatizarse por completo más adelante (véase la Perspectiva 5). Las tecnologías de la información (TI) ofrecen un increíble potencial latente para el sector del transporte. Una perspectiva importante es que los sistemas de control dinámicos tales como los automóviles autónomos requieren una transferencia de datos confiable en tiempo real.

Entre otras cosas, la infraestructura diseñada para la conectividad permitiría sistemas de precio inteligentes para uso vial, haría posible el cálculo de rutas óptimas basadas en una o varias formas de transporte, y facilitaría la planificación del uso de vehículos compartidos. Sin embargo, el potencial ofrecido por sistemas de TI avanzados solo se puede explotar por completo si la infraestructura de transporte existente, como semáforos, señales de tráfico y espacios de estacionamiento público, se vuelve más inteligente y se inserta en redes más grandes. De esta forma, la digitalización de la infraestructura tradicional de transporte jugará un importante papel para interconectar vehículos y mejorar su eficiencia.

Los diseñadores de políticas tienen la responsabilidad de hacer posible un acceso no discriminatorio a puntos de carga de vehículos eléctricos y estaciones de servicio de combustibles alternativos. Si los modelos de negocios existentes no resultan apropiados para asegurar que la infraestructura necesaria sea instalada y operada, entonces el gobierno debe tomar acción para asegurar que las condiciones de financiamiento y reglas regulatorias sean confiables y estén diseñadas adecuadamente para estimular una transformación exitosa del sector del transporte.

## Nuevas formas de financiamiento dirigen la transformación del transporte

Hoy en día, la inversión pública en infraestructura de transporte es financiada con ganancias de impuestos a la energía. Generando ingresos de unos 40.000 millones de euros anuales, los impuestos a la energía representan el impuesto al consumo más importante del gobierno

alemán.<sup>168</sup> De esta suma, el gobierno federal gasta unos 10.000 millones de euros anuales en infraestructura de transporte.<sup>169</sup> Los ingresos que no se usan para gastos de transporte fluyen hacia el presupuesto general. Estos ingresos a partir de impuestos se reducirán cada año a medida que la transición energética en el transporte continúe y reduzca el consumo de combustibles fósiles.

La figura 10.1 muestra los precios finales al consumidor por cada 100 km conducidos dependiendo del tipo de vehículo y de energía. También detalla la proporción de estos costos recolectados como impuestos. Los impuestos sobre la electricidad son más bajos en términos absolutos y relativos que los impuestos sobre el diésel y la gasolina. Una causa son los bajos niveles de impuestos sobre la electricidad (2,05 céntimos de euro por kWh); otra es la mayor eficiencia de los motores eléctricos en comparación con los motores de combustión. Los otros componentes del precio de la electricidad estipulados por el gobierno

—incluyendo la tasa de EEG y las tarifas por uso de la red— son pagados por los consumidores finales, pero no fluyen hacia el presupuesto del gobierno federal.

Los impuestos a la electricidad generaron ingresos de 6.600 millones de euros en 2014.<sup>170</sup> Asumiendo que las tasas de impuestos a la electricidad permanezcan constantes, los ingresos adicionales producidos por la electrificación del sector del transporte no serían suficientes para compensar la reducción en los ingresos de impuestos debido al consumo más bajo de diésel y gasolina. Por lo tanto, el financiamiento adecuado para proyectos de infraestructura no está asegurado a largo plazo, y se necesita explorar nuevas soluciones de financiamiento de infraestructura.

Hay varios argumentos a favor de aumentar el financiamiento basado en el uso de la infraestructura de transporte como alternativa al sistema existente basado en impuestos. Dos comisiones que fueron formadas por los ministerios de transporte de Estados federados alemanes, las Comisiones Daehre y Bodewig, han hecho recomendaciones similares a esta.<sup>171</sup>

168 BMF (2015).

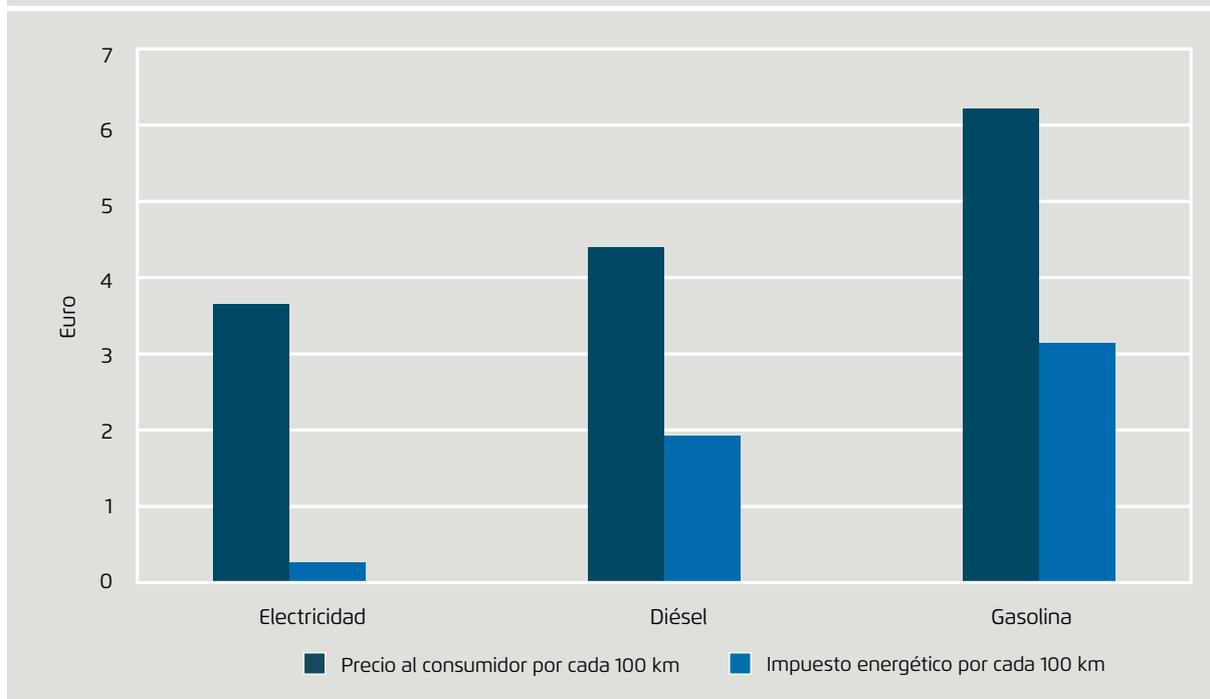
169 Wieland, B. (2016).

170 BMF (2015).

171 Daehre-Kommission (2012); Bodewig-Kommission (2013).

Precios al consumidor e impuestos energéticos por cada 100 km por fuente de combustible de automóvil

Figura 10.1



Elaboración propia (Consumo basado en datos del fabricante de la variante básica de VW Golf 02/2017 (12,7 kWh, 4,1 l, 4,8 l), [www.volkswagen.de](http://www.volkswagen.de); impuesto energético, [www.zoll.de](http://www.zoll.de); precio de la electricidad al consumidor 2016, [www.strom-report.de](http://www.strom-report.de); precio al consumidor del diésel y la gasolina 2016, [www.mwv.de](http://www.mwv.de))

Además de asegurar el financiamiento para la infraestructura de transporte, el financiamiento basado en el uso permitiría tomar en cuenta factores ecológicos. Con la introducción de un sistema de peajes, sería posible asignar los costos internos y externos del transporte a los actores económicos responsables por crearlos (en línea con el principio de “contaminador -pagador”). Las autopistas alemanas ya tienen un sistema de peaje para camiones que pesen más de 7,5 toneladas. En 2018 el sistema se expandirá a todas las carreteras federales (*Bundestraßen*). Según la Directiva “Eurovignette”, los estados miembros de la UE deben establecer sistemas de peaje para los vehículos de carga pesados. Si bien la primera versión de la Directiva adoptada en 1999 solo dictaba la implementación de peajes por el uso de ciertas calles, la versión enmendada de 2011 prevé recargos por externalidades tales como la contaminación del aire.

Los diseñadores de políticas alemanes actualmente están trabajando en el desarrollo de una “tarifa por infraestructura” para el uso de vehículos personales. Desafortunadamente, esta tarifa no establecerá incentivos para un comportamiento más ecológico, ya que los niveles de la tarifa no variarán con base en el número de kilómetros conducidos. Para apoyar la transición hacia el transporte sostenible, proponemos la adopción de un peaje que sería recolectado con base en los kilómetros conducidos. Además, creemos que los niveles de peaje deberían estar diseñados para reflejar las externalidades y costos del uso de la infraestructura asociados con cada vehículo específico. Los peajes deberían variar en el tiempo y espacio con el fin de promover flujos de tráfico más eficientes. Finalmente, el sistema de peajes debería estar diseñado en forma costo-efectiva y proporcionar una seguridad de datos confiable.<sup>172</sup>

172 FÖS (2016).

La necesidad de financiamiento no solo se refiere a la infraestructura de transporte sino también a la infraestructura eléctrica. De hecho, la expansión de la infraestructura eléctrica debe ser acelerada como un paso esencial en la transformación del transporte (véase la Perspectiva 9). La expansión de la infraestructura eléctrica ha sido financiada hasta la fecha con la llamada tasa EEG y tarifas por uso de la red. Estos dos cargos adicionales son componentes del precio de la electricidad y son pagados principalmente por los consumidores privados. Los usuarios de las calles que usan combustibles fósiles no contribuyen a la expansión de la infraestructura eléctrica.

Se necesitan más investigación y debate para aclarar si los arreglos actuales de carga compartida para financiar el suministro energético deberían seguir sin cambios, o si el sistema general de impuestos y tasas para los sectores del transporte y la energía debe reformarse.<sup>173</sup>

---

173 BMWi (2016c).

Perspectiva

11

La transformación del transporte puede fortalecer la industria alemana.

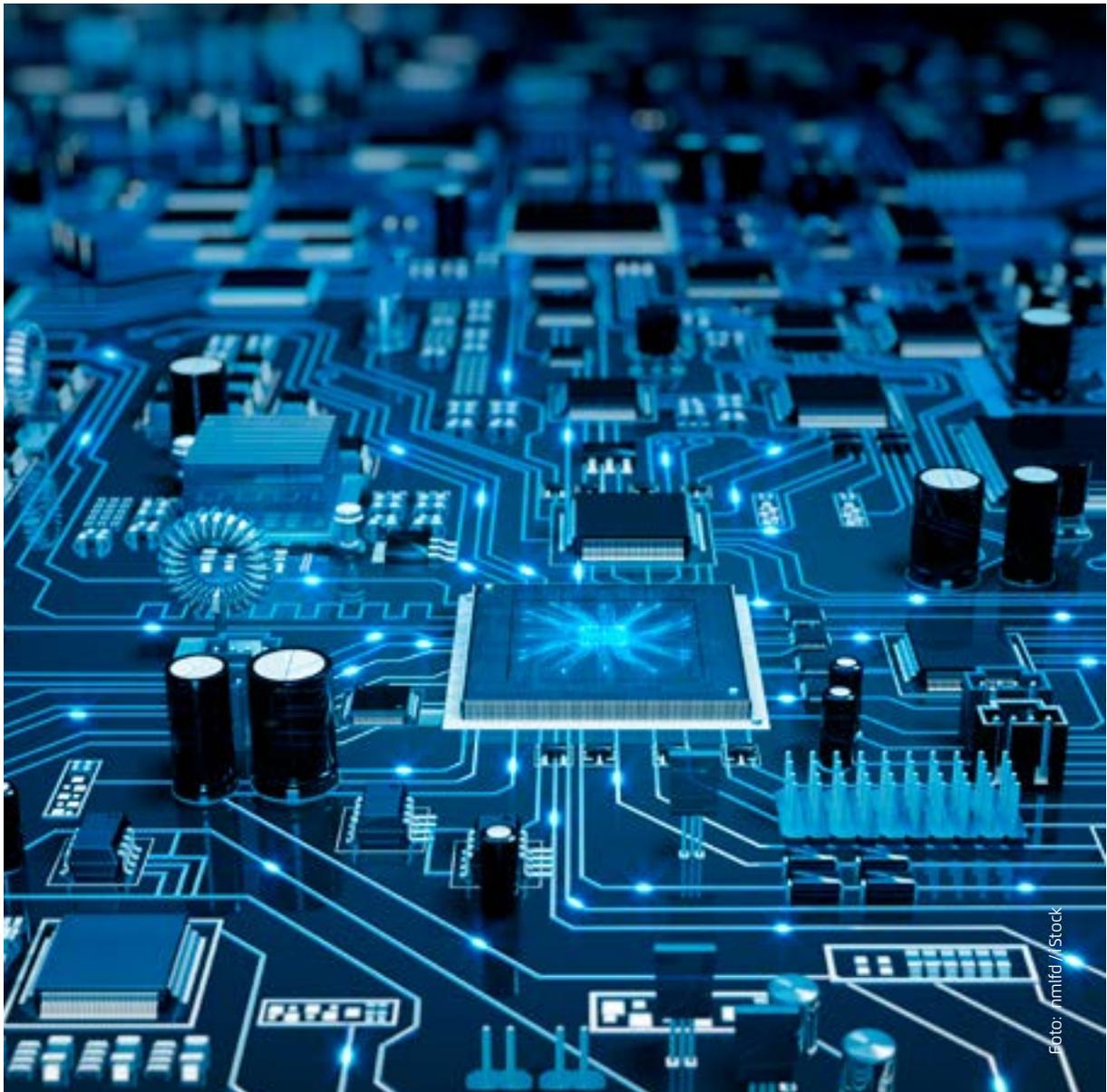


Foto: nmid / Stock

Desde la invención del automóvil por Carl Benz en 1885, la industria automotriz no sólo ha producido cada vez más vehículos, sino también vehículos cada vez más potentes. Y si bien se han visto numerosos avances en la ingeniería automotriz durante el último siglo, un principio central ha permanecido sin cambios: la dependencia del motor de combustión interna como elemento principal del sistema de propulsión. Sin embargo, nuevas innovaciones en la tecnología de vehículos eléctricos, combinadas con las exigencias del cambio climático, indican que el reinado del motor de combustión interna podría estar cerca de su fin. De hecho, la industria automotriz parece estar atravesando la transformación más grande de su historia toda una revolución tecnológica.

## El futuro les pertenece a los vehículos neutros en carbono y los servicios de movilidad

La reciente ola de innovación en el área de los vehículos eléctricos ha sido impulsada en gran parte por el objetivo de desacelerar el calentamiento global causado por el ser humano y descarbonizar los sectores de la energía y el transporte.

Pero hay otros factores en juego: las tecnologías alternativas de motores están listas para el mercado; la digitalización está abriendo nuevas puertas en el sector del transporte; y en las grandes ciudades, cada vez más personas están interesadas en conducir automóviles sin necesariamente ser propietarias de uno. Estas tendencias no solo son visibles en Alemania, sino en todo el mundo, y están disparando efectos macroeconómicos significativos.

La transición de la movilidad y la transición energética en el transporte tienen el potencial de mejorar la calidad de vida y a la vez reducir la amenaza del cambio climático. Sin embargo, los cambios en el sector del transporte pueden necesitar ajustes dolorosos de parte de grupos individuales o de la sociedad en general.

Específicamente, se han expresado preocupaciones sobre los peligros planteados para la industria automotriz alemana, orientada a la exportación. Más allá de las decisiones regulatorias tomadas por los diseñadores de políticas alemanes y/o europeos, el éxito del sector auto-

motriz alemán dependerá crucialmente de su capacidad para ajustarse a los cambiantes requisitos del mercado a nivel nacional e internacional. Es indudable que la descarbonización y la digitalización tendrán impactos significativos sobre el número de puestos de trabajo, la estructura del empleo y las cadenas de creación de valor en el sector automotriz. Nuestro éxito al manejar los impactos sociales no deseados o negativos —si bien son difíciles de cuantificar en este momento— aumentará si los líderes políticos y comerciales juegan un papel activo en darle forma al proceso de transformación, en lugar de reaccionar a él. Los líderes comerciales en la industria automotriz son cada vez más conscientes de este hecho.

El sector privado debería ser responsable de determinar las tecnologías de motores y de eficiencia que desea desarrollar e implementar para que se puedan alcanzar los objetivos de reducción de las emisiones. Sin embargo, las compañías alemanas solo podrán seguir a la vanguardia de la industria automotriz si lideran el camino de la descarbonización de las tecnologías de motores y el desarrollo de nuevos servicios de movilidad. Los obstáculos técnicos, la creciente competencia internacional y las políticas regulatorias cada vez más estrictas implican que los fabricantes de automóviles se enfrentan a un complejo entramado de desafíos.<sup>174</sup>

## Creando empleos con políticas industriales que guíen el cambio estructural

El éxito del sector automotriz alemán para defender y expandir su proporción del mercado internacional tendrá impactos directos sobre los niveles de empleo nacionales. Podemos esperar que se pierda un mayor número de empleos si la velocidad del cambio estructural excede la capacidad y/o voluntad de adaptación del sector automotriz. El cambio estructural ya está en marcha; las acciones que se tomen hoy determinarán en parte si Europa seguirá siendo un centro de producción de automóviles importante en el futuro.<sup>175</sup>

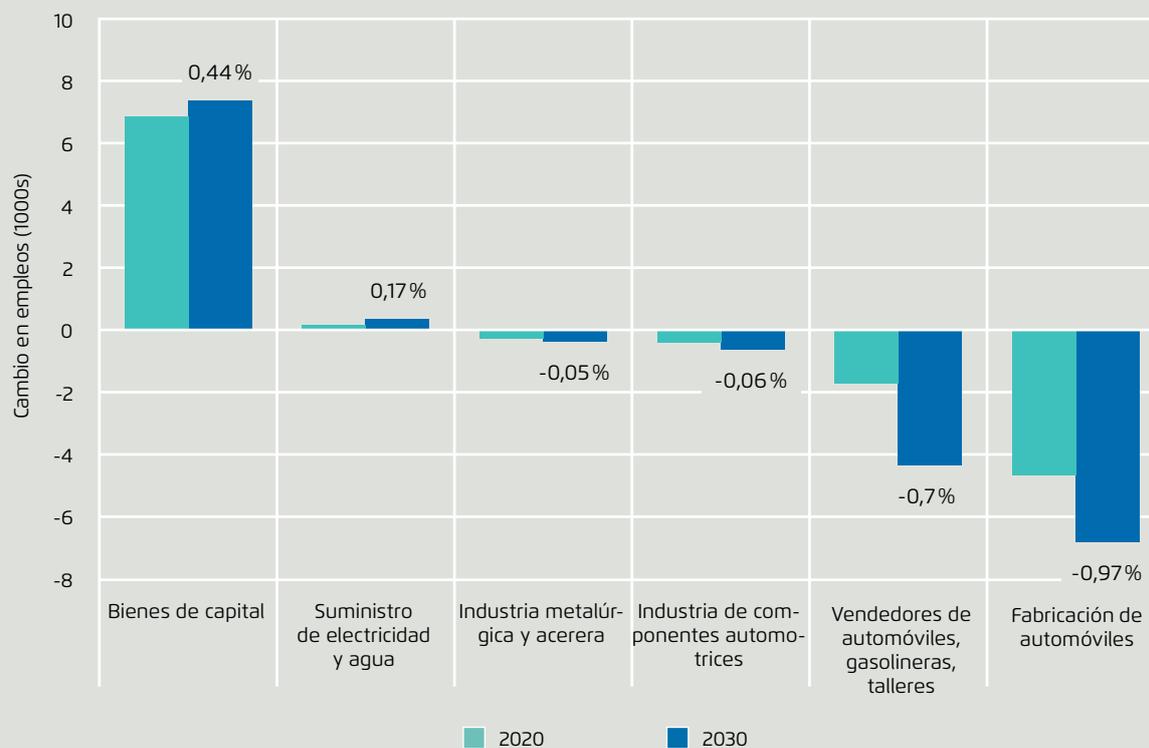
Los esfuerzos proactivos para dirigir el cambio estructural pueden ayudar a asegurar el empleo en el sector automotriz. Los líderes comerciales y políticos han

174 PwC (2016), p. 3.

175 Véase IG Metall (2016), p. 6 y Wissmann, M. (2017), p. 7.

Efectos sobre el empleo de la transición energética en el transporte\*

Figura 11.1



Ulrich, P.; Lehr, U. (2016), p. 9

\*Desviación del escenario con adopción acelerada de vehículos eléctricos (2030: 6,1 millones de vehículos eléctricos en la flota) en comparación con el escenario de base (2030: 3,2 millones de vehículos eléctricos)

dedicado particular atención a la fabricación de tecnología de motores, que actualmente emplea a unos 250.000 trabajadores a nivel nacional. La velocidad a la que las nuevas tecnologías de trenes motrices reemplacen al motor de combustión interna será un determinante clave del futuro de estos puestos de trabajo.

Actualmente, es difícil predecir qué tecnologías específicas se impondrán, o a qué ritmo ocurrirá el cambio.<sup>176</sup> Sin embargo, está claro que la producción de motores eléctricos es menos intensiva en trabajo que la producción de motores de combustión y cajas de cambios tradicionales. Los estudios existentes han llegado a la

conclusión de que los efectos macroeconómicos sobre el empleo asociados con el surgimiento de los vehículos eléctricos seguirán siendo limitados en el período hasta 2030 (véase la figura 11.1). Sin embargo, estos estudios presuponen que los vehículos eléctricos a batería no alcanzarán un rápido crecimiento de su proporción de mercado antes de 2030.

Podemos asumir que los efectos negativos, asociados con las políticas en aras del transporte sostenible, sobre el empleo serían menos severos que las consecuencias de quedar atrás en la carrera internacional para adoptar nuevas tecnologías de transporte. Esta carrera ya está en marcha, como se puede ver principalmente en China. Aquí los expertos solo ven grandes posibilidades de crecimiento para vehículos con tecnologías alternativas de motores

176 ELAB (2012); TAB (2012); Öko-Institut (2016) así como Ulrich, P.; Lehr, U. (2016).

y para componentes automotrices que sean "altamente relevantes para vehículos alternativos".<sup>177</sup> Ante este trasfondo, parecería que el mayor riesgo para la industria alemana son los esfuerzos para mantener el statu quo.

El incremento de los vehículos eléctricos no es relevante solo para la fabricación de automóviles. Las compañías petroleras podrían comenzar a sufrir antes de lo esperado por el éxito de los vehículos eléctricos a batería.<sup>178</sup> Sin embargo, no es razonable asumir que el suministro de energía al sector del transporte requerirá menos puestos de trabajo en el futuro que actualmente. Se crearán nuevos empleos para la expansión y mantenimiento de la infraestructura energética y/o la producción de combustibles basados en electricidad. Sin embargo, los factores de costo y las cuestiones de aceptación pública sugieren que la producción de combustibles alternativos ocurrirá principalmente en otros países.

También habrá efectos económicos debido a los patrones cambiantes de movilidad como parte de la transición de la movilidad: el transporte motorizado disminuirá mientras que la movilidad compartida y los vehículos autónomos se volverán más predominantes. Por ejemplo, un estudio reciente estima que la movilidad compartida y los servicios y características de conectividad asociados podrían expandir los fondos comunes de ingresos automotrices en un 30% para 2030, o en 1,5 billones de dólares.<sup>179</sup> Esto tendría efectos positivos sobre el empleo.

Por su parte, los vehículos autónomos podrían tener un impacto negativo sobre los niveles de empleo. En particular, tienen el potencial de eliminar empleos en las industrias de carga, taxis y transporte público. Más de 83.000 personas están empleadas como conductores de transporte público en Alemania.<sup>180</sup>

Los efectos macroeconómicos de la transformación del transporte dependerán de una serie de factores adicionales que son difíciles de estimar en el presente. De gran importancia será cómo se desarrollará el costo total de la movilidad con el tiempo; los efectos en el gasto y ahorro de los consumidores que se deriven del transporte

individual; y los efectos resultantes de las cadenas de suministro y las relaciones comerciales de la innovación tecnológica y el cambio de comportamiento asociado. La experiencia nos dice que el apoyo público a las políticas gubernamentales a menudo es juzgado por cómo dichas políticas impactan los puestos de trabajo. Como resultado, mejorar nuestro entendimiento sobre cómo la transformación del transporte impactará al mercado laboral es una preocupación clave. Aumentar nuestro entendimiento de esta cuestión es crucial para evaluar diversas estrategias para guiar el cambio estructural, en particular para asegurar que haya suficiente apoyo para tal intervención entre los líderes políticos y la ciudadanía en general. En este sentido, es importante comunicar que no se puede considerar responsable a la transformación del transporte por los efectos sobre el empleo que son resultado inevitable de la automatización y la digitalización de la producción (industria 4.0).

## Los mercados financieros están reconociendo la importancia del transporte sostenible

Considerando en qué grado está entrelazado el sector automotriz con los mercados de capital, podemos esperar que haya consecuencias significativas de financiación y de mercado a partir de cómo se enfrente el sector automotriz a los desafíos del cambio climático. Del mismo modo, la importancia que los actores del mercado financiero le otorguen al cambio climático podría tener impactos cruciales sobre las estrategias de negocios de los fabricantes de automóviles.

El nexo entre el cambio climático y el sector del transporte plantea diversos riesgos potenciales para la estabilidad de los mercados financieros. Por ejemplo, las consecuencias geofísicas de un planeta con calentamiento global o de ambiciosas políticas ambientales para combatir el cambio climático podrían llevar a pérdidas significativas en las inversiones en el sector automotriz. Y si bien el sector del transporte no parece ser un riesgo agudo para la estabilidad de los mercados financieros actualmente, no se pueden descartar los riesgos de este tipo.<sup>181</sup> El riesgo de un evento *cisne negro* (es decir, un evento con un impacto excepcionalmente poderoso cuya

177 TAB (2012), 194.

178 FitchRatings (2016).

179 McKinsey & Company (2016), p. 4.

180 VDV (2016), p. 30.

181 BMF (2016a), p. 12 ss. y BlackRock (2016).

probabilidad fue subestimada basándose en cálculos de riesgo gaussianos) no es tomado suficientemente en cuenta por los modelos tradicionales de riesgo financiero.

Normalmente, los analistas financieros sacan conclusiones examinando patrones cíclicos en datos históricos. En consecuencia, sistemáticamente no tienen en cuenta los riesgos que presenta el cambio climático. Y en el grado en que sus estimaciones de riesgo no toman en cuenta un planeta cada vez más caluroso, están necesariamente sujetas a un margen de error considerable. De esta forma, los científicos, diseñadores de políticas y reguladores del mercado financiero tienen la responsabilidad de comunicar los riesgos del cambio climático a los inversionistas. Dichos esfuerzos para aumentar la concientización representan una herramienta importante para promover el éxito de la transición hacia el transporte sostenible.

Los riesgos percibidos de los modelos comerciales tradicionales crecerán a medida que los riesgos del cambio climático se vuelvan más visibles. Los actores del mercado financiero están cada vez más conscientes de los riesgos para sus inversiones que emanan directamente del cambio climático, así como de las políticas de regulación asociadas. Cada vez más, los inversionistas asumen un papel activo en la gestión de las compañías en las que invierten con el fin de promover la adaptación al cambio climático. Alternativamente, desinvierten en los sectores en peligro con el fin de evitar quedarse con activos varados. A medida que la concentración de carbono atmosférico sigue aumentando, podemos esperar que los inversionistas le dediquen aún más atención a qué compañías tienen un futuro oscuro en un mundo más caluroso. En los próximos años, por ejemplo, podemos esperar que los inversionistas se retiren cada vez más de las inversiones en compañías de petróleo, gas y carbón.

También se puede esperar la desinversión en compañías que no extraigan o procesen combustibles fósiles pero que dependan en gran medida de esta industria. El sector automotriz está particularmente expuesto a este riesgo.<sup>182</sup> Si los fabricantes deciden aferrarse a sus modelos de negocios existentes, se volverán cada vez más vulnerables a cambios en el comportamiento de inversiones motivados por la conciencia sobre el cambio climático.

La desinversión de tales compañías llevará a una disminución en su capitalización de mercado y debilitará su capacidad de financiar sus actividades. Si bien las consideraciones del clima todavía no son una fuerza impulsora significativa en mercados de capitales, hay múltiples indicadores de que los inversionistas se están volviendo cada vez más sensibles a los riesgos financieros del cambio climático. En una publicación reciente, BlackRock, el fondo de inversión más grande del mundo, enfatizó que ve la "inversión consciente del clima ... como una necesidad".<sup>183</sup> Otros inversionistas institucionales con unos 30 billones de dólares estadounidenses bajo su gestión han estado presionando a la industria automotriz para que tome medidas proactivas para asegurar que el cambio climático no exceda los 2°C. Es decir, han estado trabajando *con* en lugar de *contra* los diseñadores de políticas y grupos de sociedad civil.<sup>184</sup>

En el discurso público sobre la transición hacia la energía limpia y el transporte sostenible, los mercados financieros han sido ignorados en gran medida. Sin embargo, los actores de los mercados de capitales tienen el potencial de volverse impulsores muy importantes en la transición hacia la movilidad sostenible. Por lo tanto, deberíamos mantener nuestra mirada sobre el sector financiero e incentivar el apoyo activo de los actores del mercado financiero en este proceso.

182 BMF (2016a), p. 16 y UBA (2016b), p. 47.

183 BlackRock (2016), p. 9.

184 IIGCC (2016), p. 3.



Perspectiva  
**12**

La transformación del transporte será impulsada por sus beneficios para la sociedad.



Foto: sabthai/iStock

En las décadas pasadas se ha hecho una gran variedad de esfuerzos para aumentar los beneficios del transporte para la sociedad. Se han construido carreteras y vías ferroviarias; se han adoptado límites de emisiones; y se han mejorado los estándares de seguridad vehicular. Sin embargo, no ha sido posible reducir las externalidades negativas del sector del transporte en el grado que muchos esperaban.

Por ejemplo, más de la mitad de la población alemana se siente abrumada o molesta por el ruido del tráfico.<sup>185</sup> Las concentraciones de contaminantes producidos por las emisiones vehiculares exceden los requerimientos legales en muchos lugares. Las carreteras y las vías ferroviarias representan una creciente carga para el mundo animal y vegetal, ya que fragmentan y destruyen los hábitats naturales. Además, el número de accidentes de tráfico alcanzó un nuevo máximo en la historia de Alemania en 2015.<sup>186</sup>

El sector del transporte merece un escrutinio más profundo, ya que no ha logrado hacer una contribución neta a la reducción de emisiones de GEI de Alemania en el último cuarto de siglo. Si bien hay muchas razones para esto, un problema en particular es relevante: millones de personas producen emisiones, lo que disminuye en gran medida la responsabilidad relativa cargada por el individuo. Además, al menos en Alemania, las consecuencias del cambio climático son difíciles de reconocer, o solo se pueden imaginar como parte de un futuro distante. Esto debilita el apoyo público a las políticas para contener las emisiones de carbono.

Sin embargo, la transformación del sector del transporte puede crear beneficios directos y a corto plazo para el individuo. En nuestra opinión, los beneficios experimentados directamente a partir de las políticas para promover la energía neutra en carbono y el comportamiento de movilidad sostenible se volverán un importante impulso de la transformación.

## La transformación del transporte ofrece beneficios más allá de la protección del clima

Los vehículos libres de emisiones mejoran la calidad del aire, reduciendo así los impactos de la contaminación sobre la salud humana. Los vehículos eléctricos también son considerablemente menos ruidosos que los automóviles con motores de combustión interna. Menos ruido significa menos estrés, y, por extensión, menos riesgos a largo plazo para la salud tales como enfermedades cardiovasculares. Y como los sectores de la población de bajos ingresos están desproporcionadamente expuestos a los efectos negativos del tráfico vehicular, reducir la contaminación auditiva y las emisiones tóxicas también contribuye a la justicia ambiental.

Los beneficios para la salud del ejercicio físico —incluyendo las caminatas o el uso de bicicletas— están bien demostrados. Los caminos para peatones y ciclistas amplios y bien conectados promueven la movilidad local a la vez que hacen más atractiva a las alternativas al uso de vehículos personales. Además, los límites de velocidad más bajos en áreas urbanas pueden promover la seguridad vial y un ambiente más amigable con las personas.

La transición hacia la movilidad sostenible promete mejorar la calidad del aire y reducir la contaminación auditiva, promoviendo al mismo tiempo más ejercicio físico. De esta forma, no solo promueve la salud del individuo, sino que también ayuda a desacelerar el aumento en los gastos de cuidado de la salud y las cuotas del seguro médico. Según un estudio conducido por la Asociación Americana del Pulmón en diez estados de los EE. UU., la adopción extendida de vehículos eléctricos en 2030 ahorraría 13.000 millones de dólares estadounidenses en términos de gastos de salud evitados y productividad perdida.<sup>187</sup> Se deberían conducir estudios similares para Alemania, ya que le darían un nuevo impulso a la discusión sobre los beneficios sobre la salud de la política ambiental.

Menos toxinas en el aire, menos contaminación auditiva y más seguridad en el tráfico mejorarían la calidad de vida en las áreas urbanas. Además, al vincular de cerca varias opciones de transporte, se volverá más fácil para el individuo dejar de lado la idea de poseer un vehículo personal,

185 UBA (2017c).

186 Destatis (2016d).

187 Holmes-Gen, B.; Barrett, W. (2016).

incluyendo los costos fijos que esta conlleva. Los servicios de alquiler de automóviles a corto plazo prometen reducir la cantidad de espacio urbano requerido para estacionar vehículos, incluyendo el tráfico asociado con la búsqueda de lugares para estacionar. Esto aumentaría el atractivo de las áreas urbanas y a la vez mejoraría la calidad de vida para los residentes.

Además, dentro y fuera de las áreas urbanas, menos tráfico vehicular reduciría el impacto humano sobre la flora y la fauna. Asegurar la salud del ambiente natural no es una cuestión polémica: alrededor del 94% de los alemanes dicen que pasar tiempo en la naturaleza es parte de una buena vida.<sup>188</sup> Por último, pero no menos importante, la movilidad sostenible tiene beneficios económicos. Reducir el uso de combustibles fósiles protegería la economía alemana de los efectos dañinos de los tendencialmente crecientes precios del petróleo. Asumir el reto del transporte sostenible también incentivaría la competitividad económica de la industria alemana. Por el contrario, resistirse a las tendencias inexorables hacia el transporte sostenible traería desventajas competitivas. De esta forma, el transporte sostenible también podría ayudar a proteger empleos.

## La discusión promueve el apoyo público

La lógica dicta que los beneficios de la transformación del sector del transporte experimentados directamente aumentarán el apoyo público de las intervenciones de políticas diseñadas para promover su avance. Básicamente, la transición del sector del transporte debería tener beneficios directos para diversos actores sociales:

- El transporte sostenible debería ayudar a estabilizar los gastos de salud y a la vez apuntalar la confianza pública en la capacidad del gobierno para tomar acción positiva que promueva la salud y la seguridad de la población.
- El transporte sostenible promete mejorar la calidad de vida en nuestras ciudades y pueblos, las decisiones de planificación que se toman a nivel local.
- El sector privado reconocerá cada vez más que dirigir activamente al cambio estructural ofrece mayores oportunidades que esforzarse por preservar un statu quo sentenciado al fracaso.

- Por último, pero no menos importante, los individuos experimentarán directamente cómo el transporte se vuelve más seguro, más saludable y menos estresante.

Sin embargo, las políticas no necesariamente obtienen apoyo amplio y automático de la población solo por ser beneficiosas. Varios ejemplos históricos dejan esto claro, incluyendo la resistencia inicial a las leyes que impusieron el uso de cinturones de seguridad en Alemania. Si bien la mayoría de los conductores reconocieron en la década de 1970 que los cinturones de seguridad son un valioso dispositivo de seguridad, una profunda aversión a abrocharse el cinturón persistió durante muchos años. Los psicólogos que trabajaban para el Ministerio Alemán de Transporte constataron que los oponentes a las leyes de cinturones de seguridad mostraban "disposición a involucrarse en conflictos violentos".<sup>189</sup>

Hoy en día, nadie lo piensa dos veces antes de abrocharse el cinturón, ya que los cinturones de seguridad han reducido dramáticamente las tasas de mortalidad de los accidentes de tráfico y la conciencia de este hecho está firmemente anclada en la mente de la población.

Sin embargo, la experiencia histórica con los cinturones de seguridad deja ver los desafíos que pueden surgir para alcanzar la aceptación pública de la transformación del transporte. El apoyo público para los cambios requeridos no se puede imponer desde arriba por ley o prescripción. Debemos conseguir el apoyo activo de toda la población con un diálogo racional y fundamentado.

## La acción colectiva es fundamental

Después del desastre de Fukushima en 2011, una comisión gubernamental con la tarea de estudiar el futuro de la energía nuclear en Alemania enfatizó que la transición energética "solo puede tener éxito a través de la acción colectiva en todos los niveles del gobierno, las empresas y la sociedad civil".<sup>190</sup> La necesidad de acción colectiva es particularmente pronunciada en el área del transporte sostenible, debido al cambio que exigirá en la rutina diaria de millones de personas. El éxito de este esfuerzo dependerá del apoyo activo de todos, desde las élites políticas y

188 BMUB, BfN (2016), p. 62.

189 SPON (2010).

190 Ethik-Kommission (2011), p. 11.

comerciales hasta el ciudadano común. Se deberá establecer nuevas estructuras organizacionales a nivel local, nacional e internacional. El esfuerzo para recrear el sector del transporte es un proceso transformativo de amplia base que tomará varias décadas.

Este proceso necesitará condiciones regulatorias robustas y estables y apoyo gubernamental que no sean cuestionados después de cada nueva elección. De hecho, si los diseñadores de políticas muestran poco compromiso con el objetivo general de transformar el sector del transporte y no se comprometen a subsidiar de forma confiable las condiciones para las empresas, esto disminuiría críticamente la capacidad del sector privado para tomar decisiones de inversión a largo plazo. Por lo tanto, es imperativo que los diseñadores de políticas presenten una hoja de ruta clara y se comprometan por completo a emprender el camino.

La comisión gubernamental sobre el futuro de la energía nuclear recomendó la creación de un Foro Nacional de Transición Energética, pero esta organización aún no ha sido establecida. Implementar esta recomendación haría un valioso impulso a la transformación del transporte.

# Fuentes

**AEE (2016):** Agentur für Erneuerbare Energien, Meta-analyse: Flexibilität durch Sektorenkopplung.

**AGEB (2011):** Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Statistische Effekte des Kernenergieausstiegs, Pressedienst Nr. 10/2011 URL: [www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=22&archiv=18&year=2011](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=22&archiv=18&year=2011). Último acceso: 02.02.2017.

**AGEB (2016a):** Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V., Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland 1990 bis 2015. Im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen erarbeitet von DIW Berlin und EEFA (Energy Environment Forecast Analysis). URL: [www.ag-energiebilanzen.de/](http://www.ag-energiebilanzen.de/). Último acceso: 17.03.2017.

**AGEB (2016b):** Stromerzeugung nach Energieträgern 1990–2016. URL: [www.ag-energiebilanzen.de/](http://www.ag-energiebilanzen.de/). Último acceso: 17.03.2017.

**AGFS (2012):** Arbeitsgemeinschaft Fahrradfreundliche Städte. Parken ohne Ende. Herford.

**Ahrens, G. (2013):** Sonderauswertung zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2013“. SrV-Städtepegel. URL: [tudresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/ressourcen/dateien/2013/uebersichtsseite/SrV2013\\_Stadtgruppe\\_SrV-Staedtepegel.pdf?lang=de](http://tudresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/ressourcen/dateien/2013/uebersichtsseite/SrV2013_Stadtgruppe_SrV-Staedtepegel.pdf?lang=de). Último acceso: 03.02.2017.

**BASt (2016):** Bundesanstalt für Straßenwesen, Feldversuch mit Lang-Lkw. URL: [www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v1-lang-lkw/v-lang-lkw-abschluss.pdf;jsessionid=D4C62F2E2D9DEF0ECBE354A1F8D98FA2.live11292?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v1-lang-lkw/v-lang-lkw-abschluss.pdf;jsessionid=D4C62F2E2D9DEF0ECBE354A1F8D98FA2.live11292?__blob=publicationFile&v=2). Último acceso: 17.03.2017.

**BCS (2016):** Bundesverband CarSharing. Wirkung verschiedener CarSharing-Varianten auf Verkehr und Mobilitätsverhalten. Ficha técnica de CarSharing. Nr. 3. Berlin.

**BCS (2017):** Bundesverband Carsharing e. V., CarSharing-Entwicklung in Deutschland. Berlin. URL: [carsharing.de/alles-ueber-carsharing/carsharing-zahlen](http://carsharing.de/alles-ueber-carsharing/carsharing-zahlen). Último acceso: 24.03.2017.

**BDSG (2015):** Bundesdatenschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Januar 2003 (BGBl. I S. 66), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 25. Februar 2015 (BGBl. I S. 162) geändert worden ist.

**Becker, U. (2016):** Grundwissen Verkehrsökologie. Grundlagen, Handlungsfelder und Maßnahmen für die Verkehrswende. München.

**Beckert, B. (2012):** Gesamtwirtschaftliche Potenziale intelligenter Netze in Deutschland. Studie für den Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (BITKOM), Dezember. Langfassung des Endberichts.

**Beckmann, K. J. (2013):** Veränderte Rahmenbedingungen für Mobilität und Logistik – Zeitfenster für Technik-, Verhaltens- und Systeminnovationen. pp. 31–58. En: Beckmann, Klaus J., Klein-Hitpaß, Anne (Ed.) (2013): Nicht weniger unterwegs, sondern intelligenter? Neue Mobilitätskonzepte. Berlin.

**BIEK (2016):** Bundesverband Paket und Expresslogistik. KEP-Studie 2016 – Analyse des Marktes in Deutschland. Colonia.

**BlackRock (2016):** BlackRock Investment Institute, Adapting portfolios to climate change. Implications and strategies for all investors. URL: [www.blackrock.com/investing/literature/whitepaper/bii-climate-change-2016-us.pdf](http://www.blackrock.com/investing/literature/whitepaper/bii-climate-change-2016-us.pdf). Último acceso: 02.02.2017.

**BMF (2015):** Zoll. Verbrauchssteuern. URL: [www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Themen/Zoll/Verbrauchssteuern/verbrauchssteuern.html](http://www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Themen/Zoll/Verbrauchssteuern/verbrauchssteuern.html). Último acceso: 04.02.2017.

**BMF (2016a):** Bundesministerium der Finanzen: Relevanz des Klimawandels für die Finanzmärkte. En: Monatsbericht des Bundesministeriums der Finanzen. Agosto 2016. pp. 12–21. Berlin.

**BMF (2016b):** Bundesministerium der Finanzen. Gesetz zur steuerlichen Bevorrechtigung von Elektromobilität im Straßenverkehr. URL: [www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Gesetzestexte/Gesetze\\_Verordnungen/2016-11-16-G-stl-Foerderung-Elektromobilitaet.html](http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Gesetzestexte/Gesetze_Verordnungen/2016-11-16-G-stl-Foerderung-Elektromobilitaet.html). Último acceso: 03.02.2017.

**BMUB, UBA (2015):** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Umweltbundesamt. Umweltbewusstsein in Deutschland 2014. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin.

**BMUB, BfN (2016):** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Bundesamt für Naturschutz, Naturbewusstsein 2015: Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. Berlin.

**BMVBS (2012):** Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Nationaler Radverkehrsplan 2020. Berlin.

**BMVBS (2013):** Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS) – Energie auf neuen Wegen. Berlin.

**BMVI (2014):** Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Verkehrsverflechtungsprognose 2030. Los 3: Erstellung der Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen unter Berücksichtigung des Luftverkehrs. Zusammenfassung der Ergebnisse. Berlin.

**BMVI (2015):** Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren. Berlin. URL: [www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/StB/broschuere-strategie-automatisiertes-vernetztes-fahren.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/StB/broschuere-strategie-automatisiertes-vernetztes-fahren.pdf?__blob=publicationFile). Último acceso: 17.03.2017.

**BMVI (2016a):** Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Ed.). Verkehr in Zahlen 2016/17. Hamburg.

**BMVI (2016b):** Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Forschungsprogramm zur Automatisierung und Vernetzung im Straßenverkehr. URL: [www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/forschungsprogramm-avf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/forschungsprogramm-avf.pdf?__blob=publicationFile). Último acceso: 17.03.2017.

**BMVI (2016c):** Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen. Berlin.

**BMVI (2016d):** Bundesverkehrswegeplan. Berlin.

**BMVI (2016e):** Nationaler Strategierahmen über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe als Teil der Umsetzung der Richtlinie 2014/94/EU. Berlin.

**BMW Group et al. (2016):** Pressemeldung vom 29.11.2016. URL: [www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0266311DE/bmw-group-daimler-ag-ford-motor-company-und-der-volkswagen-konzern-mit-porsche-und-audi-planen-joint-venture-fuer-ultraschnelles-hochleistungsladenetz-an-wichtigen-verkehrsachsen-in-europa%C2%B6](http://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0266311DE/bmw-group-daimler-ag-ford-motor-company-und-der-volkswagen-konzern-mit-porsche-und-audi-planen-joint-venture-fuer-ultraschnelles-hochleistungsladenetz-an-wichtigen-verkehrsachsen-in-europa%C2%B6). Último acceso: 15.03.2017.

**BMW (2016a):** Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Gesamtausgabe der Energiedaten – Datensammlung des BMWi, 01.11.2016. URL: [www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html;jsessionid=OD637FOBAF65A6EA73A93BCE006E5223](http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html;jsessionid=OD637FOBAF65A6EA73A93BCE006E5223). Último acceso: 27.01.2017.

**BMW (2016b):** Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch Verkehr in Deutschland. Grafiken und Diagramme unter Verwendung aktueller Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat). Stand Dezember 2016. Berlin.

**BMW (2016c):** Grünbuch Energieeffizienz. Diskussionspapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Berlin.

**BMW (2016d):** Speichertechnologien. URL: [www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Speicher/speichertechnologien.html](http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Speicher/speichertechnologien.html).

**Bodewig-Kommission (2013):** Bericht der Kommission Nachhaltige Verkehrsinfrastrukturfinanzierung, Konferenz der Länderverkehrsminister, Beschluss der Sonderverkehrsministerkonferenz am 2. Oktober 2013 in Berlin.

**Bracher, T.; Lehmbrock, M. (Hrsg.) (2008):** Steuerung des städtischen Kfz-Verkehrs. Parkraummanagement, City-Maut und Umweltzonen. Berlin.

**Bracher, T.; Gies, J.; Thiemann-Linden, J.; Beckmann, K. J. (2014):** Umweltverträglicher Verkehr 2050: Argumente für eine Mobilitätsstrategie für Deutschland, im Auftrag des Umweltbundesamtes, UBA-Texte 59/2014. Berlin.

**BUND (2017):** Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V., Grünbuch nachhaltige Verkehrsinfrastrukturplanung. Zur Transformation des Bundesverkehrswegeplans 2030. Berlin. URL: [www.bund.net/fileadmin/user\\_upload\\_bund/publikationen/mobilitaet/mobilitaet\\_gruenbuch\\_bvwp.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/mobilitaet/mobilitaet_gruenbuch_bvwp.pdf). Último acceso: 03.04.2017.

**Bundesregierung (2010):** Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Beschluss des Bundeskabinetts vom 28.10.2010. URL: [www.bundesregierung.de/Content/Archiv/DE/Archiv17/\\_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.html](http://www.bundesregierung.de/Content/Archiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.html). Último acceso: 27.01.2017.

**Bundesregierung (2015):** Abschlusserklärung G7-Gipfel, 7.–8. Juni 2015. URL: [www.g7germany.de/Content/DE/\\_Anlagen/G7\\_G20/2015-06-08-g7-abschluss-deu.html?nn=1281586](http://www.g7germany.de/Content/DE/_Anlagen/G7_G20/2015-06-08-g7-abschluss-deu.html?nn=1281586). Último acceso: 26.01.2017.

**Bundesregierung (2016a):** Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Neuauflage 2016. Berlin.

**Bundesregierung (2016b):** Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung vom 14.11.2016. URL: [www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/klima-klimaschutz-download/artikel/klimaschutzplan-2050/?tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=289](http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/klima-klimaschutz-download/artikel/klimaschutzplan-2050/?tx_ttnews%5BbackPid%5D=289). Último acceso: 27.01.2017.

**Bundesregierung (2016c):** Projektionsbericht der Bundesregierung 2015. URL: [cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art04-13-14\\_lcds\\_pams\\_projections/projections/envv\\_vp1a/160928\\_PB2015\\_MWMS.final.pdf](http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art04-13-14_lcds_pams_projections/projections/envv_vp1a/160928_PB2015_MWMS.final.pdf). Último acceso: 02.02.2017.

**Bundesregierung (2016d):** Regierungsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2016 bis 2026 – von der Marktvorbereitung zu wettbewerbsfähigen Produkten. Stand: September 2016. Berlin.

**BWE (2017):** Bundesverband Windenergie. Statistiken. URL: [www.wind-energie.de/themen/statistiken](http://www.wind-energie.de/themen/statistiken). Último acceso: 24.03.2017.

**Canzler, W. (2016):** Räumliche Mobilität und regionale Unterschiede. En: Statistisches Bundesamt (Destatis) (Ed.) (2016): Datenreport 2016. Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland. Bonn.

**Canzler, W.; Andreas, K. (2016):** Die digitale Mobilitätsrevolution. München.

**Czowalla, L. (2016):** EBikePendeln – Nutzungs- und Akzeptanzkriterien von Elektrofahrrädern im beruflichen Pendelverkehr. Abschlussbericht der wissenschaftlichen Begleitforschung. Institut für Transportation Design, HBK Braunschweig. Braunschweig.

**Daehre-Kommission (2012):** Bericht der Kommission „Zukunft der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung“. URL: [www.bundesrat.de/VMK/DE/termine/sitzungen/12-12-19-uebergabe-bericht-kommission-zukunft-vif/Bericht-Komm-Kunft-VIF.pdf;jsessionid=47827D24084B8B302B45B932E6A2150A.2\\_cid349?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bundesrat.de/VMK/DE/termine/sitzungen/12-12-19-uebergabe-bericht-kommission-zukunft-vif/Bericht-Komm-Kunft-VIF.pdf;jsessionid=47827D24084B8B302B45B932E6A2150A.2_cid349?__blob=publicationFile&v=2). Último acceso: 17.03.2017.

**Destatis (2014):** Statistisches Bundesamt. STAT Magazin: Arbeitsmarkt 5/2014. Wiesbaden. URL: [www.destatis.de/DE/Publikationen/STATmagazin/Arbeitsmarkt/2014\\_05/2014\\_05PDF.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.destatis.de/DE/Publikationen/STATmagazin/Arbeitsmarkt/2014_05/2014_05PDF.pdf?__blob=publicationFile). Último acceso: 03.02.2017.

**Destatis (2016a):** Statistisches Bundesamt (Hrsg.). Datenreport 2016. Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland. Bonn.

**Destatis (2016b):** Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch 2016. Wiesbaden 2016.

**Destatis (2016c):** Statistisches Bundesamt, Weiter steigende Motorleistung der Pkw verhindert Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Pressemitteilung vom 14.12.2016. URL: [www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2016/12/PD16\\_451\\_85.html](http://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2016/12/PD16_451_85.html). Último acceso: 26.01.2017.

**Destatis (2016d):** Statistisches Bundesamt, Polizeilich erfasste Unfälle. URL: [www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/Tabellen\\_/Strassenverkehrsunfaelle.html](http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/Tabellen_/Strassenverkehrsunfaelle.html). Último acceso: 15.03.2017.

**Destatis (2017):** Statistisches Bundesamt: Verkehr aktuell. Fachserie 8 Reihe 1.1 07/2017.

**Difu (2011a):** Deutsches Institut für Urbanistik. Forschung Radverkehr: Ökonomische Effekte des Radverkehrs. Berlin.

**Difu (2011b):** Deutsches Institut für Urbanistik. Leitkonzept – Stadt der kurzen Wege, Gutachten im Kontext der Biodiversitätsstrategie. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau.

**Difu (2014):** Deutsches Institut für Urbanistik. Elektromobilität im städtischen Wirtschaftsverkehr. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und Infrastruktur. Berlin.

**Difu (2015):** Deutsches Institut für Urbanistik. Elektromobilität in der kommunalen Umsetzung. Kommunale Strategien und planerische Instrumente. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin.

**Difu (2016):** Deutsches Institut für Urbanistik. Pendeln mit Rückenwind – Ein Praxisleitfaden zu Pedelecs & Co. Für Kommunen, Unternehmen und private Haushalte. Im Auftrag der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. Berlin.

**DLR, Ifeu, LBST, DFZ (2015):** Erneuerbare Energien im Verkehr, Potenziale und Entwicklungsperspektiven verschiedener erneuerbarer Energieträger und Energieverbrauch der Verkehrsträger. Studie im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung, Unterstützung und Beratung des BMVI in den Bereichen Verkehr und Mobilität mit besonderem Fokus auf Kraftstoffen und Antriebstechnologien sowie Energie und Klima.

**DLR, infas (2010):** Mobilität in Deutschland 2008. Ergebnisbericht. Bonn y Berlin.

**Driverless Car Market Watch (2016):** Autonomous car forecasts. URL: [www.driverless-future.com/7page\\_id=384](http://www.driverless-future.com/7page_id=384), Último acceso: 26.11.2016.

**DST (2016):** Deutscher Städtetag. Öffentlicher Raum und Mobilität. Positionspapier des Deutschen Städtetags. Berlin y Colonia.

**EC (2015):** European Commission. Creating Value through Open Data: Study on the Impact of Re-use of Public Data Resources. Luxemburgo.

**EFZN (2013):** Energieforschungszentrum Niedersachsen. Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit.

**ELAB (2012):** Daimler AG, IG Metall Baden-Württemberg, Hans-Böckler-Stiftung (Projektträger), Elektromobilität und Beschäftigung. Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB). Düsseldorf.

**EmoG (2015):** Elektromobilitätsgesetz vom 5. Juni 2015 (BGBl. I S. 898).

**Engel, B. (2015):** Make no little plans. Oder: Leitbilder in der Stadtplanung. En: Planerin 2/15, pp. 5–7.

**Ethik-Kommission (2011):** Ethik-Kommission Sichere Energieversorgung, Deutschlands Energiewende – ein Gemeinschaftswerk für die Zukunft.

**EU (2012):** Richtlinie 2012/27/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz. En: Amtsblatt der europäischen Union vom 14.11.2012, L 315/1. URL: [eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=DE](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=DE). Último acceso: 02.02.2017.

**EU (2014):** RICHTLINIE 2014/94/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 22. Oktober 2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe.

**EU COM (2015):** European Commission, Creating Value through Open Data: Study on the Impact of Re-use of Public Data Resources. Luxemburgo.

**EU COM (2016a):** Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, A European Strategy for Low-Emission Mobility, 20.7.2016. URL: [eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=DE](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=DE). Último acceso: 26.01.2017.

**EU COM (2016b):** European Commission, Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings, 30.11.2016.

**EU-KOM (2011):** Weißbuch zum Verkehr. Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. URL: [ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/strategies/doc/2011\\_white\\_paper/white-paper-illustrated-brochure\\_de.pdf](http://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/strategies/doc/2011_white_paper/white-paper-illustrated-brochure_de.pdf). Último acceso: 02.12.2016.

**FAZ (2016):** Mit ohne Strom. URL: [www.faz.net/aktuell/technik-motor/tesla-mit-ohne-strom-14525995.html](http://www.faz.net/aktuell/technik-motor/tesla-mit-ohne-strom-14525995.html). Último acceso: 15.03.2017.

**FGSV (2013):** Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hinweise zur Verkehrsentwicklungsplanung. Colonia.

**FGSV (2014):** Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Hinweise zur Nahmobilität. Strategien zur Stärkung des nicht-motorisierten Verkehrs auf Quartiers- und Ortsteilebene. Colonia.

**FGSV (2016):** Forschungsgesellschaft Straßen- und Verkehrswesen, Übergänge in den postfossilen Verkehr. Notwendigkeiten, Entwicklungstrends und -pfade. Colonia.

**FitchRatings (2016):** Disruptive Technology Batteries, London, New York. URL: [www.fitchratings.com/site/pr/1013282](http://www.fitchratings.com/site/pr/1013282). Último acceso: 02.02.2017.

**FÖS (2016):** Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft, Eine intelligente Straßenmaut – effizient und nachhaltig. FÖS-Themenpapier 10/2016.

**Fraunhofer ISI (2014):** Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge. Langfassung. Studie im Auftrag der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und der Arbeitsgruppe 7 der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE). URL: [www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/Fraunhofer-ISI-Markthochlaufszszenarien-Elektrofahrzeuge-Langfassung.pdf](http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/Fraunhofer-ISI-Markthochlaufszszenarien-Elektrofahrzeuge-Langfassung.pdf). Último acceso: 03.02.2017.

**Geden, O.; Schäfer, S. (2016):** „Negative Emissionen“ als klimapolitische Herausforderung. SWP-aktuell 70. Berlin.

**Gehl, J. (2015):** Städte für Menschen. Berlin.

**Gies, J., Deutsch, V., Beckmann, K. J., Gertz, C., Holz-Rau, C., Huber, F. (2016):** Integration von Stadtplanung und ÖPNV für lebenswerte Städte. Berlin. URL: [difu.de/kontakt/mitarbeiter/juergen-gies.html](http://difu.de/kontakt/mitarbeiter/juergen-gies.html) "o", Benutzerprofil anzeigen. Último acceso: 17.03.2017.

**H2 mobility (n. d.):** H2-Stationen, [h2-mobility.de/h2-stationen/](http://h2-mobility.de/h2-stationen/) Último acceso: 02.01.2017.

**Holmes-Gen, B., Barrett, W. (2016):** Clean Air Future. Health and climate benefits of zero-emissions-vehicles. A report by the American Lung Association in California, URL: [www.lung.org/local-content/california/documents/2016zeroemissions.pdf](http://www.lung.org/local-content/california/documents/2016zeroemissions.pdf). Último acceso: 02.02.2017.

**Hütter, A. (2016):** Güterverkehr in Deutschland 2014. Statistisches Bundesamt. WISTA 1/2016.

**Hydrogen Council (2017):** How hydrogen empowers the energy transition. URL: [hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2017/01/20170109-HYDROGEN-COUNCIL-Vision-document-FINAL-HR.pdf](http://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2017/01/20170109-HYDROGEN-COUNCIL-Vision-document-FINAL-HR.pdf). Último acceso: 17.03.2017.

**ICCT (2016a):** The International Council on Clean Transportation, 2020-2030 CO2 standards for new cars and light-commercial vehicles in the European Union, Noviembre 2016. URL: [theicct.org/2020-2030-co2-standards-cars-lcvs-eu-briefing-nov2016](http://theicct.org/2020-2030-co2-standards-cars-lcvs-eu-briefing-nov2016). Último acceso: 02.02.2017.

**ICCT (2016b):** Electric vehicles: Literature review of technology costs and carbon emissions, Working Paper 2016-14, Julio 2016.

**ICCT (2016c):** Assessment of Next-Generation Electric Vehicle Technologies, White Paper, Octubre 2016.

**ICCT (2016d):** Evolution of incentives to sustain the transition to a global electric vehicle fleet, White Paper Noviembre 2016.

**IEA (2016a):** International Energy Agency, Global EV Outlook 2016. Beyond one million electric cars, París. URL: [www.iea.org/publications/freepublications/publication/global-ev-outlook-2016.html](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/global-ev-outlook-2016.html). Último acceso: 02.02.2017.

**IEA (2016b):** World Energy Outlook 2016. París.

**Ifeu (2016):** Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen, April 2016. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau.

**Ifeu, INFRAS, LBST (2016):** Klimaschutzbeitrag des Verkehrs. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau.

**Ifeu, TU Graz (2015):** Zukünftige Maßnahmen zur Kraftstoffeinsparung und Treibhausgasreduzierung bei schweren Nutzfahrzeugen. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau.

**IG Metall (2016):** Neue Abgasnormen als Chance nutzen. Europa als Schaufenster für die besten Umwelttechnologien im und um das Automobil. Fráncfort.

**IIGCC (2016):** Institutional Investors Group on Climate Change, Investor Network on Climate Risk, Investor Group on Climate Change, Asia Investor Group on Climate Change, Investor Expectations of Automotive Companies. Shifting gears to accelerate the transition to low carbon vehicles. URL: [www.iigcc.org/files/publication-files/IIGCC\\_2016\\_Auto\\_report\\_v14\\_Web.pdf](http://www.iigcc.org/files/publication-files/IIGCC_2016_Auto_report_v14_Web.pdf). Último acceso: 02.02.2017.

**INFRAS, Fraunhofer ISI (2016):** Finanzierung einer nachhaltigen Güterverkehrsinfrastruktur. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau.

**INFRAS, Quantis (2015):** Postfossile Energieversorgungsoptionen für einen treibhausgasneutralen Verkehr im Jahr 2050: Eine verkehrsträgerübergreifende Bewertung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau.

**ITF (2016):** International Transport Forum. Urban Mobility System Upgrade – How shared self-driving cars could change city traffic. Im Auftrag der OECD. París.

**JRC, EUCAR, CONCAWE (2014b):** WELL-TO-WHEELS Report Version 4.a, Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, JRC Technical Reports, Report EUR 26236 EN, European Commission, Luxemburgo.

**KBA (2016):** Kraftfahrt-Bundesamt. Fahrzeugzulassungen. Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen 1. Januar 2016, FZ 13. Flensburg.

**Knie, A. (2016):** Sozialwissenschaftlicher Mobilitäts- und Verkehrsforschung: Ergebnisse und Probleme. En: Schwedes, Oliver, Canzler, Weert, Knie, Andreas (Ed.), Handbuch Verkehrspolitik, 2. Auflage. Wiesbaden, p. 33–52.

**LBST (2016):** Renewables in Transport 2050 – Europe and Germany. URL: [www.lbst.de/news/2016\\_docs/FVV\\_H1086\\_Renewables-in-Transport-2050-Kraftstoffstudie\\_II.pdf](http://www.lbst.de/news/2016_docs/FVV_H1086_Renewables-in-Transport-2050-Kraftstoffstudie_II.pdf). Último acceso: 17.03.2017.

**Löschel, A.; Erdmann, G.; Staiß, F.; Ziesing, H.-J. (2016):** Expertenkommission zum Monitoring-Prozess "Energie der Zukunft", Stellungnahme zum fünften Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2015. Berlín, Münster, Stuttgart.

**LSV (2016):** Ladesäulenverordnung vom 9. März 2016 (BGBl. I S. 457).

**McKinsey (2010):** A Portfolio of Power-trains in Europe: a fact-based analysis. The Role of Battery Electric Vehicles, Plug-in Hybrids and Fuel Cell Electric Vehicles. Im Auftrag der European Climate Foundation, o. O.

**McKinsey & Company (2016):** Automotive revolution – perspective towards 2030. How the convergence of disruptive technology driven trends could transform the auto industry. URL: [www.mckinsey.de/files/automotive\\_revolution\\_perspective\\_towards\\_2030.pdf](http://www.mckinsey.de/files/automotive_revolution_perspective_towards_2030.pdf). Último acceso: 02.02.2017.

**MDM-Portal (2016):** Mobilitäts Daten Marktplatz, Der Marktplatz für Verkehrsdaten in Deutschland. URL: [www.mdm-portal.de/der-mdm.html](http://www.mdm-portal.de/der-mdm.html). Último acceso: 07.01.2017.

**Mobilität21 (2016):** Mobilität21 – Das Kompetenznetzwerk für innovative Mobilitätslösungen, eTicketing und digitale Vernetzung im ÖPV, URL: [www.mobilitaet21.de/eticket-deutschland/](http://www.mobilitaet21.de/eticket-deutschland/). Último acceso: 13.01.2017.

**Mock, P. (2016):** Vehicle technology as a lever for decarbonizing freight transport. Presentation at CLEW/ICCT Media Workshop.

**Nationaler Radverkehrsplan 2020 (2016):** Erfassung von Intermodalität über Smartphone-Tracking NRVP 2020 – RadSpurenLeser. URL: [nationaler-radverkehrsplan.de/de/praxis/nrvp-2020-radspurenleser](http://nationaler-radverkehrsplan.de/de/praxis/nrvp-2020-radspurenleser). Último acceso: 21.11.2016.

**NOW (2016):** Hybrid- und Elektrobustprojekte in Deutschland, Arbeitsgruppe Innovative Antriebe Bus, Statusbericht 2015/2016. URL: [www.now-gmbh.de/content/6-service/4-publikationen/1-begleitforschung/now-abschlussbericht\\_bus\\_web.pdf](http://www.now-gmbh.de/content/6-service/4-publikationen/1-begleitforschung/now-abschlussbericht_bus_web.pdf). Último acceso: 17.03.2017.

**NPE (2016):** Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland, NPE AG 2 Batterietechnologie, AG2-Batterietechnologie der NPE. URL: [nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user\\_upload/Redaktion/NPE\\_AG2\\_Roadmap\\_Zellfertigung\\_final\\_bf.pdf](http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_AG2_Roadmap_Zellfertigung_final_bf.pdf). Último acceso: 17.03.2017.

**OECD, ITF (2017):** Organization for Economic Co-operation and Development, International Transport Forum, ITF Transport Outlook 2017. OECD Publishing. Paris.

**Öko-Institut (2014):** Konventionelle und alternative Fahrzeugtechnologien bei Pkw und schweren Nutzfahrzeugen – Potenziale zur Minderung des Energieverbrauchs bis 2050, Working Paper 3/2014. Berlin.

**Öko-Institut (2016):** Renewability III. Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Berlin.

**Öko-Institut, KIT, INFRAS (2016):** Erarbeitung einer fachlichen Strategie zur Energieversorgung des Verkehrs bis zum Jahr 2050, Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau.

**Öko-Institut, Fraunhofer ISI (2015):** Klimaschutzszenario 2050. 2. Endbericht. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Berlin.

**PBefG (2016):** Personenbeförderungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. August 1990 (BGBl. I S. 1690), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 29. August 2016 (BGBl. I S. 2082) geändert wurde.

**PwC (2016):** PricewaterhouseCoopers. Mit Elektrifizierung und Verbrennungsmotoren auf dem Weg in die Zukunft der Mobilität. URL: [www.pwc.at/publikationen/branchen-und-wirtschaftsstudien/autofacts-2016.pdf](http://www.pwc.at/publikationen/branchen-und-wirtschaftsstudien/autofacts-2016.pdf). Último acceso: 17.03.2017.

**Randelhoff, M. (2015):** Vergleich unterschiedlicher Flächeninanspruchnahmen nach Verkehrsarten. URL: [www.zukunft-mobilitaet.net/78246/analyse/flaechenbedarf-pkw-fahrrad-bus-strassenbahn-stadtbahn-fussgaenger-metro-bremsverzoeigerung-vergleich/](http://www.zukunft-mobilitaet.net/78246/analyse/flaechenbedarf-pkw-fahrrad-bus-strassenbahn-stadtbahn-fussgaenger-metro-bremsverzoeigerung-vergleich/). Último acceso: 24.03.2017.

**Roland Berger (2013):** Planning and financing transportation infrastructures in the EU – A best practice study. Executive Summary. Berlin. URL: [english.bdi.eu/media/topics/europe/publications/201310\\_Study\\_Planning\\_and\\_financing\\_transportation.pdf](http://english.bdi.eu/media/topics/europe/publications/201310_Study_Planning_and_financing_transportation.pdf). Último acceso: 17.03.2017.

**Schaufenster Elektromobilität (2015):** Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität, Fortschrittsbericht 2015. URL: [schaufenster-elektromobilitaet.org/media/media/documents/dokumente\\_der\\_begleit\\_und\\_wirkungsforschung/Ergebnispapier\\_Nr\\_16\\_Fortschrittsbericht\\_2015\\_der\\_Begleit\\_und\\_Wirkungsforschung\\_Schaufenster\\_Elektromobilitaet.pdf](http://schaufenster-elektromobilitaet.org/media/media/documents/dokumente_der_begleit_und_wirkungsforschung/Ergebnispapier_Nr_16_Fortschrittsbericht_2015_der_Begleit_und_Wirkungsforschung_Schaufenster_Elektromobilitaet.pdf). Último acceso: 17.03.2017.

**Schaufenster Elektromobilität (2016):** Das Schaufensterprogramm, URL: [schaufenster-elektromobilitaet.org/de/content/ueber\\_das\\_programm/foerderung\\_schaufensterprogramm/foerderung\\_schaufensterprogramm\\_1.html](http://schaufenster-elektromobilitaet.org/de/content/ueber_das_programm/foerderung_schaufensterprogramm/foerderung_schaufensterprogramm_1.html). Último acceso: 17.12.2016.

**Schill, W.-P.; Diekmann, J.; Zerrah, A. (2015):** Stromspeicher: eine wichtige Option für die Energiewende. DIW Wochenbericht Nr. 10/2015, p. 211.

**Schüller, F.; Wingerter, C. (2016):** Berufspendler. En: Statistisches Bundesamt (Destatis) (Ed.) (2016): Datenreport 2016. Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland. Bonn.

**Shell Deutschland Oil GmbH (n. d.):** Shell PKW-Szenarien bis 2040. Fakten, Trends und Perspektiven für Auto-Mobilität.

**Sonntag, H.; Liedtke, G. (2015):** Verkehrspolitik und Wirkungen im Schienengüterverkehr: EEG – Maut – Lang-Lkw. Studie zu Wirkungen ausgewählter Maßnahmen der Verkehrspolitik auf den Schienengüterverkehr in Deutschland – Modal Split der Transportleistungen und Beschäftigung. Im Auftrag der Allianz pro Schiene. URL: [www.allianz-pro-schiene.de/wp-content/uploads/2015/10/studie\\_verlagerung\\_riesen\\_lkw.pdf](http://www.allianz-pro-schiene.de/wp-content/uploads/2015/10/studie_verlagerung_riesen_lkw.pdf). Último acceso: 17.03.2017.

**Spieser, K.; Ballantyne K.; Treleaven, R.; Zhang, E.; Frazzoli, Morton, D.; Pavone, M (2014):** Toward a systemic approach to the design and evaluation of automated mobility-on-demand systems: A case study in Singapore, in Road Vehicle Automation (Lecture Notes in Mobility).

**SPON (2010):** Anschnallen bitte, Spiegel Online vom 23.12.2010, URL: [www.spiegel.de/einestages/einfuehrung-der-gurtpflicht-a-946925.html](http://www.spiegel.de/einestages/einfuehrung-der-gurtpflicht-a-946925.html). Último acceso: 20.01.2017.

**SRU (1973):** Sachverständigenrat für Umweltfragen. Auto und Umwelt. Stuttgart, Mainz.

**SRU (2005):** Sachverständigenrat für Umweltfragen. Sondergutachten Umwelt und Straßenverkehr. Hohe Mobilität – umweltverträglicher Verkehr. Berlin.

**TAB (2012):** Büro für Technikfolgen – Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Peters, A.; Doll, C.; Kley, F.; Möckel, M.; Plötz, P.; Sauer, A.; Schade, W.; Thielmann, A.; Wietschel, M.; Zanker, C.: Konzepte der Elektromobilität und deren Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. Berlin.

**Tages-Anzeiger für Stadt und Kanton Zürich (2016):** Genfer Gesetz legalisiert Uber, URL: [www.tagesanzeiger.ch/schweiz/standard/Genf-Neues-TaxiGesetz-legalisiert-Uber/story/28502219](http://www.tagesanzeiger.ch/schweiz/standard/Genf-Neues-TaxiGesetz-legalisiert-Uber/story/28502219). Último acceso: 12.01.2017.

**Tagesspiegel (2016):** Was das Windkraft-Urteil aus Bayern bedeutet. Tagesspiegel online vom 11.05.2016. URL: [www.tagesspiegel.de/politik/windenergie-und-die-10-h-regel-was-das-windkraft-urteil-aus-bayern-bedeutet/13571680.html](http://www.tagesspiegel.de/politik/windenergie-und-die-10-h-regel-was-das-windkraft-urteil-aus-bayern-bedeutet/13571680.html). Último acceso: 02.02.2017

**Tomtom Traffic Index (2016):** URL: [www.tomtom.com/en\\_gb/trafficindex/](http://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/). Último acceso: 03.02.2017.

**Topp, Hartmut (2013):** Öffentliches Auto und privater ÖPNV. En: Der Nahverkehr, 6/2013. pp. 11–17.

**UBA (2014):** Umweltbundesamt. Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050. Dessau-Roßlau.

**UBA (2016a):** Umweltbundesamt. Integration von Power to Gas/Power to Liquid in den laufenden Transformationsprozess. Position. Dessau-Roßlau.

**UBA (2016b):** Umweltbundesamt. Schwerpunkte 2016, Jahrespublikation des Umweltbundesamtes, Dessau-Roßlau.

**UBA (2016c):** Umweltbundesamt. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2016. Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2014 URL: [www.umweltbundesamt.de/publikationen/berichterstattung-unter-der-klimarahmenkonvention-1](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/berichterstattung-unter-der-klimarahmenkonvention-1). Último acceso: 27.01.2017

**UBA (2016d):** Umweltbundesamt. Kohlendioxid-Emissionen im Bedarfsfeld Wohnen, 07.10.2016. URL: [www.umweltbundesamt.de/kohlendioxid-emissionen-im-bedarfsfeld-wohnen](http://www.umweltbundesamt.de/kohlendioxid-emissionen-im-bedarfsfeld-wohnen). Último acceso: 27.01.2017

**UBA (2016e):** Umweltbundesamt. Luftschadstoff-Emissionen in Deutschland, 03.02.2016. URL: [www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland](http://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland). Último acceso: 27.01.2017

**UBA (2016f):** Umweltbundesamt. Schwerpunkte 2016, Dessau-Roßlau.

**UBA (2016g):** Umweltbundesamt. Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Güterverkehr – Bezugsjahr 2014. URL: [www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#textpart-4](http://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#textpart-4). Último acceso: 02.02.2017.

**UBA (2017a):** Umweltbundesamt. Treibhausgasemissionen 2015 im zweiten Jahr in Folge leicht gesunken, Pressemitteilung Nr. 3/2017 URL: [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2294/dokumente/pm-2017-03\\_treibhausgase\\_2015.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2294/dokumente/pm-2017-03_treibhausgase_2015.pdf). Último acceso: 02.02.2017.

**UBA (2017b):** Umweltbundesamt. Luftqualität 2016: Stickstoffdioxid weiter Schadstoff Nummer 1. URL: [www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/luftqualitaet-2016-stickstoffdioxid-weiter](http://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/luftqualitaet-2016-stickstoffdioxid-weiter). Último acceso: 06.02.2017.

**UBA (2017c):** Umweltbundesamt. Straßenverkehrslärm. URL: [www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrslaerm/strassenverkehrslaerm#textpart-1](http://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrslaerm/strassenverkehrslaerm#textpart-1). Último acceso: 15.03.2017.

**UBA (2017d):** Klimabilanz 2016: Verkehr und kühle Witterung lassen Emissionen steigen. Pressemitteilung Nr. 9, 20.03.2017 URL: [www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/klimabilanz-2016-verkehr-kuehle-witterung-lassen](http://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/klimabilanz-2016-verkehr-kuehle-witterung-lassen). Último acceso: 20.03.2017.

**Ulrich, P.; Lehr, U. (2016):** Economic effects of E-mobility scenarios – Intermediate interrelations and consumption, conference paper, Ecomod 2016, URL: [ecomod.net/conferences/ecomod2016?tab=downloads](http://ecomod.net/conferences/ecomod2016?tab=downloads). Último acceso: 01.02.2017.

**UNFCCC (1992):** United Nations Framework Convention on Climate Change. URL: [unfccc.int/key\\_documents/the\\_convention/items/2853.php](http://unfccc.int/key_documents/the_convention/items/2853.php). Último acceso: 27.01.2017.

**UNFCCC (2016a):** Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015. URL: [unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf). Último acceso: 07.02.2017.

**UNFCCC (2016b):** United Nations Framework Convention on Climate Change, Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action. URL: [newsroom.unfccc.int/media/521376/paris-electro-mobility-declaration.pdf](http://newsroom.unfccc.int/media/521376/paris-electro-mobility-declaration.pdf). Último acceso: 02.02.2017.

**VDA (2015):** Verband der Automobilindustrie e. V., Automatisierung – Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren. Berlin. URL: [www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/automatisiertes-fahren/automatisiertes-fahren.html](http://www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/automatisiertes-fahren/automatisiertes-fahren.html). Último acceso: 24.03.2017.

**VDV (2016):** Verband Deutscher Verkehrsunternehmen. VDV 2015 Statistik, Köln. URL: [www.vdv.de/jahresbericht---statistik.aspx](http://www.vdv.de/jahresbericht---statistik.aspx). Último acceso: 25.01.2017.

**Volkswagen AG; Lichtblick SE; SMA Technology AG, Fraunhofer IWES (2016):** Intelligente Netzanbindung von Elektrofahrzeugen zur Erbringung von Systemdienstleistungen – INEES. Abschlussbericht. Gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.

**von Schönfeld, M. (2015):** Daten – Das neue Öl? Kampf um die Datenhoheit in Fahrzeugen, in Jusletter IT 21. Mayo 2015.

**WBGU (2009):** Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Kassensturz für den Weltklimavertrag – der Budgetansatz. Berlin.

**Wieland, B. (2016):** Verkehrsinfrastruktur: Volkswirtschaftliche und ordnungspolitische Aspekte. En: Schwedes, O.; Canzler, W.; Knie, A.: Handbuch Verkehrspolitik. 2. Auflage.

**Wissmann, M. (2017):** Deutsche Automobilindustrie setzt auf Offensivstrategie für die Mobilität von morgen, en: Wirtschaftsdienst 1/2017, pp. 7–9.

**Zachariah, G.; Kornhauser, M. (2013):** Uncongested mobility for all: A proposal for an areawide autonomous taxi system in New Jersey, Washington D. C.

**Zeit Online (2016):** Eine Nation pendelt. URL: [www.zeit.de/feature/pendeln-stau-arbeit-verkehr-wohnort-arbeitsweg-ballungsraeume](http://www.zeit.de/feature/pendeln-stau-arbeit-verkehr-wohnort-arbeitsweg-ballungsraeume). Último acceso: 15.03.2017.

En sociedad con actores clave en los campos de la política, economía, ciencia y sociedad civil, Agora Verkehrswende pretende crear las bases necesarias para una estrategia integral de protección del clima para el sector del transporte alemán, con el objetivo final de una descarbonización completa para 2050. Con este propósito elaboramos la base de conocimientos sobre estrategias de protección del clima y apoyamos su implementación.



Esta publicación está disponible para  
descargar bajo este código QR.

**Agora Verkehrswende**

Anna-Louisa-Karsch-Str. 2 | 10178 Berlín  
T +49 (0)30 700 14 35-000  
F +49 (0)30 700 14 35-129  
[www.agora-Verkehrswende.de](http://www.agora-Verkehrswende.de)  
[info@agora-Verkehrswende.de](mailto:info@agora-Verkehrswende.de)

