

Movilidad sostenible

El papel de la electricidad y el gas natural en varios países europeos

Álvarez Pelegry, Eloy
Menéndez Sánchez, Jaime
Bravo López, Manuel

Septiembre de 2017

Documentos de Energía*

Eloy Álvarez Pelegry^a; Jaime Menéndez Sánchez^b; Manuel Bravo López^c
C/ Hermanos Aguirre nº 2. Edificio La Comercial, 2ª planta. 48014 Bilbao

Phone^a: 34 94.413.90.03-3247. Fax: 94.413.93.39.

E-mail: evalvarezpelegry@orquestra.deusto.es

Phone^b: 34 94.413.90.03-2129. Fax: 94.413.93.39.

E-mail: jaime.menendez@orquestra.deusto.es

Phone^c: 34 94.413.90.03. Fax: 94.413.93.39.

E-mail: energia@orquestra.deusto.es

Códigos JEL: Q41, Q48, R41, L62, L91, L92, L98

Palabras clave: movilidad, sostenibilidad, transporte, pasajeros, eficiencia, demanda, impacto, emisiones de GEI, gas natural, eléctrico, Estados Miembro

Las opiniones, análisis y comentarios recogidos en este documento reflejan la opinión del director del estudio y de los autores y no necesariamente de las instituciones a las que pertenecen. Cualquier error es únicamente atribuible a los autores.

* Documento: Escrito con el que se prueba, edita o hace constar una cosa (Casares). Escrito en que constan datos fidedignos o susceptibles de ser empleados como tales para probar algo (RAE). “Documentos de Energía” constituye una serie de textos que recoge los trabajos promovidos o realizados por la Cátedra de Energía de Orkestra.

PRESENTACIÓN

Por Emiliano López Atxurra

Presidente de Petronor

Presidente del Comité de Patronos de la Cátedra de Energía de Orkestra-IVC

Como Presidente del Comité de Patronos de la Cátedra de Energía es un placer, una vez más, presentar este nuevo trabajo, tanto por el rigor de su contenido como también, y fundamentalmente, por la capacidad de la Cátedra, a lo largo de los años de su andadura, de poner el foco y analizar las cuestiones estructurales del sector de la energía. Ahora toca concentrar esfuerzos en la energía y la movilidad, una problemática que entra en el corazón del sistema tecno industrial del País Vasco.

Al igual que en otros informes elaborados a lo largo de esta década, en este, hay suficiente material para ir trabajando y desbrozando los desafíos del transporte y, por ende, de un sector industrial en permanente evolución tecnológica y empresarial.

La energía y la movilidad, como he manifestado reiteradamente, son dos caras de la misma moneda. Son inescindibles. Las transformaciones tecnológicas están incidiendo de manera central en la propia concepción convencional de la movilidad y provocando cambios significativos en la visión de la distribución de la energía. La transición energética y la generación distribuida están dejando de ser una entequeia maligna. Ahora, están en el corazón del debate energético, y es que tanto la generación distribuida, asentada en la acumulación, como la movilidad eléctrica, están entrando en la agenda energética de manera significativa.

En este sentido quiero reconocer públicamente la labor del Director de la Cátedra, Dr. Eloy Álvarez, porque siempre ha jugado su papel de tractor de conocimiento y no de explicación de lo obvio o de la autosatisfacción que otorga el conocimiento teórico aséptico. Un papel que en consecuencia ha estado y está, desde el rigor del conocimiento teórico y práctico del sector, al servicio de nuestra industria y por tanto de la competitividad de nuestro País.

Recomiendo leer con detenimiento este informe que es una guía adecuada para profundizar en cuestiones centrales de la movilidad en el sistema urbano moderno. Sostenibilidad, Eficiencia e Interconectividad.

Disfruten del conocimiento que este informe pone a disposición del amable lector, buceen y profundicen en los caminos que se abren. Y sobre todo que sirva para actuar con rigor a la hora de disponer de un transporte sostenible y también de un sistema técnico industrial adaptado a este nuevo escenario.

PREÁMBULO

Por Iñigo Ansola Kareaga

Consejero-Director General del EVE

Miembro del Comité de Patronos de la Cátedra de Energía de Orkestra-IVC

El consumo energético del sector transporte en la CAPV supuso, en el año 2015, el 38,2% del consumo de energía final, sólo superado por la industria, esta con un 40,0%. Dicho año el transporte supuso el 30% de las emisiones de GEI de la CAPV, siendo tras el sector energético el sector con mayor nivel de emisiones.

El transporte es un sector clave en la economía, su evolución está muy ligada a la de esta, y su consumo energético se basa, casi exclusivamente, en combustibles líquidos derivados del petróleo, por lo que sus emisiones directas están asociadas a la demanda, no habiendo sido posible, hasta el momento, lograr la disociación de la misma.

Por ello en las estrategias de cambio climático, tanto globales de la UE como las de la CAPV, el transporte es foco de atención y ha sido objeto de estrategias y objetivos específicos. La Estrategia Energética Euskadi 2030, contempla la disminución de la dependencia de los derivados del petróleo en el transporte, con el objetivo final de eliminarla en el año 2050. Ello requiere un importante cambio estructural en el sistema de transporte, tanto en lo que se refiere a la eficiencia y al tipo de energía consumida, como a la gestión de la demanda. La Estrategia Vasca de Cambio Climático 2050 incide igualmente en la importancia de las aportaciones que el transporte debe hacer a la reducción de emisiones de CO₂.

A nivel comunitario, la Directiva DAFI 2014/94/UE, traspuesta a la legislación nacional por el RD 639/216, cuya implantación se recoge en el Marco de Acción Nacional, promueve la penetración de energías alternativas en el transporte, considerando como tales, entre otros, la electricidad, el gas natural (comprimido y licuado) y los GLP. Los GLP tienen ya una presencia significativa y la energía eléctrica y el gas natural se encuentran en un estado de desarrollo incipiente. Parece claro que tanto la energía eléctrica como el gas natural, van a aumentar en mayor proporción su penetración en el transporte según sea la combinación de su precio, disponibilidad y eficiencia.

Es pues relevante examinar en detalle, dentro del marco de acción establecido por la Directiva 2014/94/UE, la potencialidad del gas natural y la energía eléctrica como energías alternativas a los combustibles líquidos en el transporte, en base al análisis de su evolución, así como de las medidas desarrolladas para su impulso, en los países líderes de la UE en cuanto a su penetración.

Este estudio analiza el proceso de implantación y el nivel de utilización alcanzado en el transporte del gas natural y la electricidad, así como las estrategias adoptadas y las previsiones sobre su evolución en esos países europeos.

En cuanto al gas natural, se estudia con profundidad el caso de Italia, dado que es el referente europeo por ser el país con mayor consumo de este combustible en el transporte y con mayor desarrollo de infraestructura, sin olvidar otros casos relevantes como los de Holanda, Alemania y Suecia.

En lo que se refiere a la electricidad, Francia es referencia obligada en el desarrollo de los vehículos eléctricos. Noruega también es objeto de análisis por el elevado nivel de penetración del vehículo eléctrico, que ofrece la mayor ventaja en la reducción de emisiones de CO₂. Así mismo las estrategias de otros países con objetivos ambiciosos de reducción de emisiones de CO₂, tales como Holanda, Alemania y Suecia son objeto de este estudio.

Las energías alternativas son, sin duda, una parte importante en el proceso de transición hacia un transporte más sostenible, en particular en lo que se refiere a la movilidad de los ciudadanos. Movilidad y sostenibilidad son, pues, dos conceptos que requieren clarificación, por ello, el primer capítulo de este estudio que tengo el placer de presentar, trata de definirlos en base a las características de los elementos fundamentales que los soportan así otros cuyo desarrollo puede contribuir en el futuro.

Este trabajo, que fue pensado inicialmente con un enfoque de *Desarrollo de un nuevo modelo de movilidad sostenible en la CAPV*, ha ido evolucionando a medida que los investigadores de la Cátedra de Energía de Orkestra, en su proceso de elaboración, han llegado a la conclusión de que el tema se abordaba mejor con la estructura presentada que, por otra parte, supone una notable ampliación respecto al alcance inicial.

Deseo felicitar a la Cátedra de Energía de Orkestra y especial a los autores por el extenso y detallado trabajo realizado que, a buen seguro, será de utilidad para los interesados en el tema.

En definitiva, espero que este estudio ofrezca una buena base para formular estrategias y desarrollar medidas orientadas a avanzar hacia una mejor movilidad y un transporte más sostenible.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO Y CONCLUSIONES

1. TRANSPORTE Y ENERGÍA.....	1
1.1. En el mundo	1
1.2. En la Unión Europea.....	4
2. TRANSPORTE Y SOSTENIBILIDAD EN EUROPA	9
2.1. Transporte y sostenibilidad	9
2.2. Marco europeo para la movilidad sostenible	12
3. ENFOQUES PARA LA MOVILIDAD SOSTENIBLE	17
3.1. Gestión de la eficiencia.....	17
3.2. Gestión de la demanda	21
3.3. Gestión del impacto	22
3.4. Automatización del transporte. Posibilidades de reducción del consumo energético.....	26
4. EL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO EN EL TRANSPORTE	35
4.1. Panorámica global.....	35
4.1.1. Precios de combustibles (gas natural y convencionales)	39
4.1.2. El gas natural como combustible alternativo en el transporte en la UE	42
4.2. Flotas y estaciones de servicio.....	44
4.3. El gas natural en el transporte en Italia	45
4.3.1. Aspectos generales	45
4.3.2. Vehículos e infraestructuras.....	47
4.3.3. Agentes	49
4.3.4. El marco normativo.....	53
4.4. El gas natural en el transporte por carretera en otros países europeos	56
4.4.1. Holanda.....	56
4.4.2. Alemania	57
4.4.3. Suecia.....	60
5. LA ELECTRICIDAD COMO ENERGÍA EN EL TRANSPORTE.....	64
5.1. Panorámica global.....	64
5.2. La electricidad en el transporte en Francia.....	71

5.2.1.	Aspectos generales	71
5.2.2.	Infraestructuras	74
5.2.3.	Agentes	79
5.2.4.	El marco normativo para los vehículos eléctricos en Francia	84
5.3.	La electricidad en el transporte por carretera en otros países europeos	90
5.3.1.	Alemania	91
5.3.2.	Holanda.....	96
5.3.3.	Noruega	98
5.3.4.	Suecia.....	101
5.3.5.	Otros casos reseñables: Estonia y Dinamarca	105
5.3.6.	Algunas comparaciones.....	108
6.	BIBLIOGRAFÍA	126
7.	ANEXOS	137
	ANEXO 1. Siglas y acrónimos.....	137
	ANEXO 2. El GNL en el transporte por carretera y en la navegación	143
	ANEXO 3. Sistemas de recarga del vehículo eléctrico en Europa.....	150
	ANEXO 4. Ratios adicionales	152
	AUTORES	161

RESUMEN EJECUTIVO Y CONCLUSIONES

RESUMEN EJECUTIVO

El consumo mundial de energía continuó aumentando en 2016, un 1% sobre 2015, creciendo la demanda de las energías fósiles (0,7%), de petróleo y gas natural al 1,8% y disminuyendo la demanda del carbón. Las emisiones de CO₂, han experimentado un ligero aumento, próximo al 0,1%. El transporte supone alrededor del 25% del consumo mundial de energía final y se basa mayoritariamente en combustibles líquidos procedentes del petróleo. El transporte de pasajeros representa un 60% del consumo de energía del transporte, y se prevé que presente una tasa media de crecimiento anual del 1,5% hasta el año 2040, debido sobre todo a los países no-OCDE. Los países OCDE, sin embargo, mantendrán sus actuales niveles de consumo a consecuencia de menores tasas de crecimiento, a la mayor eficiencia de los vehículos y a la mejor gestión de transporte.

En el consumo de energía del transporte los combustibles líquidos procedentes del petróleo suponen un 96%, pero se espera que su peso se reduzca hasta un 88% en 2040, siendo desplazados por el gas natural en transporte de mercancías y marítimo, y por la electricidad en el transporte de pasajeros y el ferroviario. En todo caso, implicará un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) así como de emisiones contaminantes.

En la UE el consumo total de energía aumentó un 0,7% en 2016 con un crecimiento significativo en la mayoría de los Estados Miembro. El consumo de petróleo experimentó un crecimiento de un 2%, destacando el consumo de destilados medios, la principal energía en el transporte, con un crecimiento equivalente. Las emisiones de CO₂, asociadas a la energía, han aumentado un 0,2%, a pesar de la caída del consumo de carbón en un 9%.

El transporte es, en la UE, el sector de mayor consumo, si bien su evolución, que se había mantenido estable, ha experimentado un ligero repunte en los últimos dos años, al igual que el número de matriculaciones de nuevos vehículos (6,8 % de crecimiento en 2016). Del consumo total del transporte de pasajeros por carretera en la UE, así como de las emisiones de GEI correspondientes, los medios privados de transporte de los ciudadanos suponen un 75%. Esta circunstancia y la creciente dependencia energética exterior de la UE hacen que el transporte sea un tema de atención prioritaria.

De mantenerse el crecimiento económico (1,7% en 2016), y de no reforzar las medidas para la mejora de la eficiencia energética y la reducción de emisiones de CO₂, será difícil que la UE alcance la reducción de emisiones prevista del 40% en 2030. La aportación de la electricidad en el transporte por carretera no es significativa actualmente; la de los biocombustibles de primera generación es limitada, de manera que la Comisión Europea no se plantea nuevos objetivos de energía renovable en el transporte más allá de 2020. Por ello, la estrategia marco de

sostenibilidad del transporte se focaliza en aumentar la eficiencia energética, promover la electrificación del transporte, desarrollar biocarburantes de segunda y tercera generación e impulsar el uso de combustibles alternativos a los procedentes del petróleo.

Transporte y sostenibilidad en Europa

Las acciones dirigidas a facilitar la demanda de movilidad de los ciudadanos a precios asequibles, reduciendo el consumo de energía y minimizando el impacto sobre la salud y el medio ambiente, son elementos claros para una movilidad “sostenible”. En este contexto, requieren una especial atención las áreas urbanas, donde vive más del 70% de los ciudadanos europeos.

Si se define movilidad como la facilidad de las personas para satisfacer sus necesidades de desplazamiento, bien sea por si mismas o por cualquier medio externo a ellas. En caso de que se utilicen medios con aporte de energía externa a la persona, la movilidad es equivalente al transporte de pasajeros. Este último ha crecido de forma paralela a economía, al igual que el gasto en el mismo. El gasto en transporte en la UE-28 suponía en 2015 un 12,9% del gasto total de los hogares (10,8% en España), siendo un 22% del mismo destinado a medios públicos de movilidad (17,3 % en España).

Entre los retos de la movilidad sostenible está la reducción de la dependencia del petróleo como fuente de energía casi única. Los medios personales que no necesiten aporte de energía facilitan este objetivo en distancias cortas, sin embargo no son válidos para distancias más largas, y resulta igualmente difícil solo con la utilización vehículos personales más eficientes movidos por combustibles alternativos. Se han de favorecer, por tanto, los medios con mayores capacidades que los vehículos privados, como el autobús y el ferrocarril, con la posibilidad de electrificación y el uso de gas natural licuado (GNL), así como el mayor desarrollo y la integración de las tecnologías de la información.

En las áreas urbanas y periurbanas, las energías alternativas, junto con el adecuado desarrollo de infraestructuras, ofrecen una buena posibilidad para reducir la dependencia del petróleo y las emisiones contaminantes, pues en ellas la reducción del impacto en la calidad del aire es más relevante.

En consonancia con este objetivo de reducción de la dependencia del petróleo, la UE ha adoptado la directiva 2014/94/UE sobre implantación de combustibles alternativos (DAFI), que establece un marco común de medidas a aplicar por los Estados Miembro para el desarrollo de infraestructuras de suministro y especificaciones técnicas de las mismas para los vehículos eléctricos, de gas natural vehicular, de gases licuados del petróleo (GLP), de biocombustibles, así como de hidrógeno para vehículos con celda de combustible (el desarrollo de esta última se contempla más lejano).

Las energías y combustibles alternativos (gas natural, electricidad, gases licuados del petróleo y biocombustibles) ofrecen la posibilidad de abordar todos, o al menos

varios, de los objetivos de sostenibilidad, y serán utilizados por el usuario de acuerdo a criterios tales como precios de combustibles y vehículos, la autonomía que permiten, la seguridad y disponibilidad del combustible, las regulaciones medioambientales y las medidas de apoyo político.

La aplicación de regulaciones en eficiencia energética y emisiones requieren ensayos de certificación de los vehículos que arrojen valores no subestimados; por ello, la Comisión Europea está desarrollando la aplicación del ensayo WLTP (*World Harmonized Light Vehicles Test Procedure*) y la medida de emisiones en condiciones reales de conducción (RDE o *Real Driving Emissions* en inglés) para la certificación vehículos a partir de 2017.

Enfoques para la movilidad sostenible

Aunque existen muchas definiciones posibles para el concepto de movilidad sostenible, el marco sobre el que se asienta está soportado por tres pilares constituidos por elementos sociales, económicos y medioambientales. Los objetivos e interrelaciones entre estos son a veces contrapuestos, por lo que es necesario lograr un equilibrio entre ellos. Las medidas necesarias para ese equilibrio se pueden clasificar en tres grandes grupos: gestión de la eficiencia, gestión de la demanda y gestión del impacto.

En lo relativo a la gestión y mejora de la eficiencia, entendida como la reducción del consumo de energía por unidad de desplazamiento (e/pas-km), el resultado dependerá de distintos factores. Entre ellos, se encuentra el propio vehículo de transporte, donde la industria del automóvil ha ido mejorando durante décadas la eficiencia mecánica y para la que los principales países en transporte ligero han adoptado estándares de consumo y de emisiones de GEI.

Otros factores influyen también en la eficiencia del transporte, tales como el nivel de ocupación del vehículo (a menor ocupación de los vehículos mayor consumo energético), la intensidad de tráfico (el número de vehículos que lleva a congestionar las vías urbanas puede llegar a aumentar el consumo hasta en un 40%) y la configuración y estado de la red de transporte en combinación con el estado del vehículo, que pueden dar lugar a consumos entre un 40% y un 50% superiores a los consumos medios de los ciclos de prueba.

En cuanto a la gestión de la demanda, es importante aumentar el uso del transporte público; los niveles actuales de ocupación de los autobuses urbanos (de media un 15%) dan lugar a un consumo por pas-km muy próximo al del coche. Para ello es necesario reducir, en su caso, los precios del transporte público (a pesar de que la tendencia reciente ha sido a la inversa), así como favorecer la satisfacción de las expectativas de tiempo de transporte de los pasajeros con la implantación de tecnologías de la información. Esto último también puede favorecer una mayor ocupación del vehículo privado, con modalidades como el *car sharing*, mejorando el coste energético y el impacto ambiental de la movilidad urbana.

Respecto a la gestión del impacto, se ha de atender, por un lado, a la calidad del aire mediante la reducción de las emisiones de gases contaminantes en el escape de los

vehículos y por otro, a las emisiones de gases de efecto invernadero con impacto en el cambio climático. Esto implica la implantación no sólo de medidas de carácter técnico, aunque puedan implicar mayor consumo, pero también de medidas políticas, tales como la promoción del transporte público o del uso de combustibles alternativos.

La reducción del impacto sobre la calidad del aire ya ha centrado esfuerzos de la industria del automóvil y de los productores de combustibles desde los años noventa, cuando se abordó la eliminación del plomo en gasolinas y el azufre en los combustibles que actualmente se ha logrado. Hoy en día se trata de minimizar las emisiones contaminantes de los motores, en particular de los motores diésel, de óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas (PM). En este sentido la UE ha desarrollado los estándares Euro que establecen valores límites de emisión de contaminantes en base a la utilización del ciclo de certificación llamado Nuevo Ciclo de Conducción Europeo (NEDC o *New European Driving Cycle* en inglés), que está en proceso de ser sustituido por el ya mencionado nuevo ciclo de prueba WLTP.

Se han implantado también medidas para reducir las emisiones de los vehículos, adicionales a la mejora de la eficiencia energética de los motores, relacionadas con el diseño del vehículo, tales como la utilización de materiales más ligeros, recuperación de energía en la frenada, nuevos compuestos para neumáticos que reducen la energía de rodadura, etc. Otro tipo de medidas no relacionadas directamente con el vehículo, pero con el combustible, se podrían agrupar en: a) las aplicadas a reducción de emisiones en el ciclo de vida del combustible (producción, transporte y tratamiento) b) impulso de combustibles renovables líquidos y gaseosos, en particular los de segunda generación por provenir de residuos; y c) electrificación del transporte, ya que permite mayor integración de las energías renovables, tanto en vehículos privados como en el transporte público.

Otra dimensión de los avances en movilidad es la de la automatización del transporte. En los últimos años se han producido avances tecnológicos en sensores, en algoritmos de control y aprendizaje y en posicionamiento, lo que ha permitido la realización de pruebas con mínima, o ninguna intervención humana, en la conducción.

En este sentido, se han definido cinco niveles diferentes de automatización del transporte, desde el nivel cero sin ningún tipo de automatización hasta el nivel cuatro sin necesidad de intervención del conductor. Vehículos con automatización hasta el nivel tres ya son comunes en el mercado. Estos avances hacen ya factible la introducción progresiva de sistemas de conducción completamente automáticos, a través de desarrolladores como Google (bajo el nombre de Waymo), Tesla, General Motors o Ford entre los años 2017 y 2021.

La conducción automática puede aportar grandes beneficios, el más evidente es el aumento de la seguridad, pero también se encuentran otros, tales como la mejora de la gestión del tráfico, la facilitación del transporte a personas que no pueden conducir o incluso la mejora de la eficiencia energética. Para ello los Estados Miembro han adoptado la Declaración de Ámsterdam para desarrollar un marco

européo para 2019 coherente con la conducción automática y el vehículo autónomo conectado (VAC).

Un aspecto relevante a considerar en el VAC es el de la ciberseguridad y su vulnerabilidad a los ciberataques, que pueden poner en riesgo al vehículo, sus ocupantes y también la información. Para evitarlo, distintas organizaciones trabajan en definir los principios básicos de ciberseguridad para la industria del automóvil, tal es el caso del grupo de expertos CaRSEC (Seguridad de los Coches y las Carreteras, o *Cars and Road Security* en inglés) en Europa.

Finalmente, cabe mencionar como un avance tecnológico la carga inalámbrica. Si esta se realiza por inducción electromagnética acoplada, es apropiada para los vehículos estacionados. Sin embargo, la transferencia inalámbrica de energía “altamente resonante” (HR-WRT) permite la transferencia a distancias medias con menor necesidad de acoplamiento, por lo que la transferencia dinámica inalámbrica de carga (DWPT) aplicada a vehículos en movimiento resulta factible. Aunque actualmente esto no está disponible en el mercado, sí existen proyectos en avanzado desarrollo. En este sentido cabe mencionar el proyecto FABRIC, impulsado por la UE y que cuenta con veinticuatro empresas e instituciones participantes.

El gas natural como combustible alternativo en el transporte

El uso del gas natural en el transporte está bien establecido en el mundo, con 18 millones de vehículos y 24.000 estaciones de suministro. La UE lo considera como uno de los combustibles alternativos que trata de impulsar a través de la directiva DAFI. El consumo de gas natural en el transporte en la UE es marginal, a pesar de que se trata de la segunda fuente de energía tras el petróleo y de que su dependencia exterior es menor que la de éste, tan solo Italia presenta altas tasas de uso. La UE cuenta con buenas redes de distribución de gas natural (pero no de suministro a vehículos) que se pueden ser utilizadas en todos los segmentos del transporte y en los dos tipos de motores de combustión interna del mercado con cambios menores, por ello se trata de uno de los combustibles que la UE quiere impulsar.

El gas natural puede almacenarse en los vehículos comprimido (GNC) a 200/250 bares, forma usada preferente en vehículos ligeros, y licuado (GNL), a -160°C, utilizado preferiblemente en el transporte pesado y en motores marinos.

El consumo de gas natural en el transporte por carretera en la UE es de solo el 0,6% del consumo total, aunque ha experimentado un crecimiento medio anual del 10% desde el año 2005. Cuenta con 1,3 millones de vehículos (0,5% de los vehículos ligeros de la UE) y 3.000 estaciones de servicio., Italia representa el 60% del consumo total en la UE.

Lo cierto es que el desarrollo del gas natural vehicular, que cuenta con una base de tecnología probada, ha tenido lugar sobre todo en países en vías de desarrollo, con altas producciones de gas natural, donde el precio local ha favorecido su crecimiento frente a los derivados del petróleo mediante la modificación de vehículos de gasolina. Un aspecto clave para el desarrollo del mercado del gas natural para automoción es el precio del gas natural respecto al del petróleo, que es la base para

establecer los del gasóleo y la gasolina. En Estados Unidos el diferencial entre los precios de ambos se incrementó desde los 200\$/tep hasta los 400 \$/tep a partir de 2008 por la producción de gas natural no convencional. En Europa la referencia respecto al petróleo se mantiene, pero la caída del precio de importación del gas natural ha ensanchado el diferencial con el diésel y ha colocado el precio del gas natural por debajo del fueloil, favoreciendo su uso en el transporte, en especial en el marino en las zonas de emisiones controladas (SECA o *Sulphur Emission Control Area* en inglés).

Al precio internacional hay que añadirle los costes de suministro y distribución, más elevados para el gas natural, y los impuestos, cuyo diferencial respecto a los de los derivados del petróleo es significativo; por ello el nivel impositivo es fundamental en la penetración de este combustible en el mercado.

El mercado de vehículos de GNC en los países analizados se ha focalizado en el segmento de vehículos pequeños, tanto de pasajeros como comerciales ligeros, así como en autobuses urbanos. La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que ofrece este mercado es limitada, por ello países como Suecia, Alemania y Holanda, y últimamente Italia, están promoviendo la introducción de biometano en la red y la venta de biometano (biogás) en estaciones de servicio.

El gas natural en el transporte en Italia

El uso del gas natural en el transporte en Italia cuenta con una experiencia de más de 30 años, a raíz de su estrategia para promover el consumo de un combustible de producción doméstica y una industria de talleres especializados para la conversión de vehículos. Un gran impulso al gas natural tuvo lugar a partir del año 1995 con el lanzamiento de modelos para este combustible por los fabricantes, concentrados en el segmento de coches pequeños.

Aunque hoy en día el gas natural solo es el 3% del consumo total del transporte por carretera del país, ha mantenido un 9% de crecimiento medio anual de manera sostenida, y ha dado lugar a toda una industria de modificación de vehículos y producción de bienes de equipo, así como al impulso de estándares y legislación específica.

Cabe señalar que en 2015 los 830.000 vehículos a gas natural de Italia suponían diez veces la flota existente en Alemania, que es el segundo país en número de vehículos a gas natural en la UE. En Italia y Alemania se encuentra el 70% de las estaciones de suministro de la UE, pero Italia presenta una relación de 808 vehículos por estación, siendo de 107 en Alemania.

Tras la finalización, en el año 2010, de los incentivos a la conversión de vehículos a gas natural, que iba de 600 a 2.400 € por vehículo, las matriculaciones se han ralentizado, de manera que pasaron del 6% en 2014 al 2,1% en 2016. Esto ha coincidido también con la reducción del diferencial de precio entre gas natural y los combustibles convencionales a partir de la segunda mitad de 2014.

Entre los agentes implicados en el sector del gas natural vehicular en Italia, en primer lugar, hay que destacar los centros de I+D+i, incluyendo el desarrollo tecnológico de la exploración, producción y transporte del gas. A nivel gubernamental hay que mencionar a la UE por sus estrategias y legislación de obligado cumplimiento, así como la Administración Pública de Italia. Otros agentes fundamentales son las organizaciones empresariales como la Asociación Nacional de la Industria Automovilística (ANFIA) y los mismos fabricantes de vehículos a gas natural y de componentes, entre los que destaca Fiat, y los distribuidores de gas. Por último, los compradores, que toman la decisión de compra en base a distintos factores, ya sean consumidores individuales o gestores de flotas.

El marco normativo referente al uso del gas natural en el transporte está formado, en primera instancia, por la legislación europea que desde 2009 trata la organización y funcionamiento del mercado del gas natural, siendo relevantes la directiva 2009/73/CE, sobre normas para el mercado interior de gas natural, y los reglamentos 2009/715/CE sobre condiciones de acceso a las redes de transporte de gas, 994/2010/CE sobre medidas para garantizar la seguridad de suministro de gas y 347/2013/CE sobre estructuras energéticas transeuropeas. A ellos hay que añadir la directiva DAFI, antes mencionada, para el desarrollo de infraestructuras para los combustibles alternativos, para la cual Italia, como el resto de Estados Miembro, ha tenido que elaborar su Marco de Acción Nacional (MAN).

A nivel nacional, Italia inició a partir de 1997 una profunda reforma del mercado de carburantes del país, siendo bases esenciales del sector la ley 59 de 1997 y el Decreto Legislativo 32 de 1998. Así, a partir de la introducción posterior de elementos de liberalización en 1999, junto con un plan nacional previsto en 2001; entre los años 2008 y 2014 aparecen nuevos elementos legislativos orientados a la regulación del sector del gas natural, afectando de esta manera a este combustible en el transporte.

El gas natural en el transporte en otros países europeos

En este estudio se analizan también otros países europeos que, aparte de Italia, son casos de claro interés para el gas natural vehicular. Tal es la situación de Holanda, que es el mayor productor de gas natural de la UE, y donde, sin embargo, el gas natural vehicular es de aplicación relativamente reciente. Sus inicios datan de 2005 con el desarrollo de instalaciones de suministro de GNC. Tras un programa de estímulos del gobierno en 2011 para coches de empresa, el consumo de gas natural en el transporte creció con una tasa media anual del 30%. Aun así, el consumo de gas natural en el transporte en Holanda no supera el 0,2% del consumo de gas natural del país, y el número de vehículos a gas natural no supera el 0,15% del parque, a pesar de haber crecido de 4.000 a 11.000 en 2011.

Holanda no prevé un aumento de la red actual de suministro de GNC (145 estaciones de suministro), y considera el uso gas natural comprimido en vehículos ligeros como una solución transitoria hacia la implantación del biogás y el GNL en el transporte de mercancías y en navegación, por un lado, y la electrificación del transporte privado y público, por otro.

Alemania ya se ha mencionado como el segundo país en la UE en flota de vehículos y estaciones de servicio de gas natural. El impulso al sector data del establecimiento en 2010 de la iniciativa para la movilidad basada en el gas natural (*Initiative Erdgasmobilität*) para eliminar restricciones en el mercado y alcanzar en el año 2020 un 4% de consumo de gas natural sobre el total de combustibles en el transporte. Sin embargo, en 2015 las ventas cayeron un 35% con la reducción del precio de los combustibles convencionales y la ausencia de confirmación sobre la prolongación de la reducción del impuesto de la energía, estabilizándose el consumo de gas natural en el transporte en los últimos años.

A pesar de que se requerirán otras medidas políticas, no se contemplan en Alemania nuevos incentivos a la compra de vehículos. En cualquier caso, se presta atención al futuro de cara a reforzar el uso del GNL en el transporte marino y el transporte pesado por carretera a través de medidas incluidas en el programa de acción para la protección del clima 2020 (*Aktionsprogramme Klimaschutz 2020*) y la aprobación del mantenimiento de la reducción del impuesto sobre la energía para el gas natural a partir de 2018. Cabe mencionar que el biogás (biometano) tiene gran importancia en la estrategia alemana a futuro, pues este sí ha experimentado un crecimiento positivo en los últimos años, pasando de 4% de peso en el consumo de gas en el transporte en 2004 a un 15% en 2012, y más de un 22% en 2014.

Tras Holanda y Alemania, destaca Suecia, que es un país impulsor de la producción y utilización del biogás. Este, en 2015, representaba el 74% del consumo total de gas natural en el transporte y está disponible en el 60% de las estaciones de servicio. El gas natural en su conjunto representa el 1,8% del consumo total de energía en el transporte por carretera en Suecia. Asimismo, se promueve el uso de GNL en el transporte de mercancías y en navegación mediante proyectos de apertura de puntos de suministro.

El impulso del biometano va unido al objetivo establecido por el Parlamento de Suecia, según el cual en 2030 tendría que lograrse una flota de vehículos que no sea dependiente de los combustibles fósiles y de alcanzar cero emisiones netas de CO₂ en el transporte en 2050; es decir, uso biocombustibles y energía eléctrica. Así, para la consecución de este y otros objetivos, el Gobierno de Suecia ha propuesto varias medidas, entre las que está la exención al biogás del impuesto sobre la energía para paliar sus mayores costes de producción frente al precio del gas natural.

La electricidad como energía en el transporte

Los vehículos eléctricos superaron la cifra de los dos millones de vehículos en el mundo en 2016, según el *Global EV Outlook* de la AIE. Las ventas están muy concentradas en un reducido número de países. El 90% de las matriculaciones en el año 2016 tuvo lugar en solo ocho países. Siete países presentan las mayores tasas de penetración, superando el 1% de ventas sobre el total de vehículos vendidos en sus mercados nacionales.

En ambos grupos de países se encuentra Francia que, por su población y la relevancia de su economía, es la referencia en cuanto a electromovilidad en este trabajo. Sin embargo, otros países europeos no solo superan a Francia, sino que

ocupan las primeras posiciones en porcentaje de ventas a nivel mundial. Estos son Noruega, que en 2016 un 28,8% de sus ventas totales de vehículos eran de eléctricos, Holanda en segunda posición con un 6,4%, y por tanto líder de la UE, y también Suecia con un 3,4%.

En este estudio se entiende por vehículo eléctrico el grupo formado por vehículos eléctricos de batería (BEV) y los híbridos enchufables (PHEV). Por tanto, atendiendo a un tipo u a otro, se puede encontrar diferencias en los porcentajes anteriores, ya que el PHEV tiene mayor penetración que el BEV en países como Holanda o Suecia, mientras que en Francia o Noruega es el caso contrario. El mercado objetivo del vehículo eléctrico es, fundamentalmente, el de los vehículos ligeros, y dentro de éstos el del BEV es el vehículo pequeño, mientras que los PHEV dominan en el tamaño medio y medio-alto.

En la opción de compra para los vehículos eléctricos, son factores de peso para el consumidor el precio del vehículo (entre 27.000 y 30.000 €) y su autonomía (entre 150 y 200 km), si bien estas cifras están mejorando con rapidez. También juegan un papel importante la existencia de infraestructuras de recarga. Estas pueden ser de varios tipos: convencional o normal y rápida, atendiendo a la potencia, o bien pública o privada, atendiendo al tipo de acceso. En la privada domina la carga “vinculada” en el estacionamiento habitual del vehículo, donde se asume que tendrá lugar el 95% de las recargas.

La electricidad en el transporte en Francia

Aunque la historia reciente del vehículo eléctrico en Francia puede remontarse a los años setenta por su programa PREDIT de I+D+i, es a partir del año 2011 cuando el Gobierno francés toma la iniciativa de incorporar en un periodo de cuatro años 50.000 vehículos eléctricos en sus flotas. A esto hay que añadir la Ley de Transición Energética por un Crecimiento Verde de 2015 y el sistema de incentivos.

Francia alcanzó en octubre de 2016, según su Ministerio de Medioambiente, 100.000 vehículos eléctricos entre BEV y PHEV, y en marzo de 2017 ya eran 100.000 solo de BEV. En este mercado el modelo más importante ha sido en los últimos años el Renault ZOE junto con el i3 de BMW y el LEAF de Nissan, con un crecimiento total de las ventas del 26% entre 2015 y 2016, si bien el 33,7% de las mismas eran para flotas de empresas.

En relación al apoyo a la adquisición de vehículos eléctricos, Francia cuenta con un sistema *bonus-malus* que ofrece una ayuda de compra en función de la emisión de CO₂. La ayuda es de 6.300 € (hasta el 27% del precio del vehículo) para los vehículos con menos de 20 gCO₂/km y 1000 € para aquellos en el rango de 21 a 60 gCO₂/km. En combinación con la entrega de un vehículo diésel que llevase en circulación más de 11 años, las ayudas pueden incrementarse en 3.700 €, (2500 en el caso de PHEV). En cuanto a la percepción del consumidor sobre las prestaciones de esta tecnología, los estudios realizados hasta la fecha por el Instituto IPSOS indican que existe una imagen positiva del vehículo eléctrico, y dos quintos de los franceses creen que actualmente cubre sus necesidades. El mayor obstáculo para su adquisición, según

IPSOS, se encuentran en la autonomía del vehículo (58%), mientras que el precio de compra (45%) o la falta de puestos de recarga (28%) tienen menor peso.

Los sistemas de recarga se han impulsado mediante distintas iniciativas desde 2011 y con una ayuda que cubre el 30% del coste de los mismos. Francia fue entre los años 2014 y 2015 el país donde más había crecido el número de puntos de recarga, multiplicándose por cuatro; lo que llevado a disponer de un punto de recarga por cada 10.000 habitantes, existiendo al menos un punto de recarga en todos los departamentos continentales. Francia pretende alcanzar siete millones de puntos de recarga para el año 2030.

Respecto a la legislación desarrollada para la mayor penetración de los VE, hay que mencionar en primer lugar, al igual que en el caso del gas natural, la normativa europea de obligado cumplimiento, entre las que destaca la directiva DAFI ya mencionada antes, que en el caso de Francia ha supuesto la elaboración de un Marco de Acción Nacional en 2017 para el desarrollo de infraestructuras para los combustibles alternativos, como les correspondía al igual que al resto de Estados Miembro.

En cualquier caso, la legislación francesa relevante orientada hacia el vehículo data ya de 2009, iniciándose en ese año con el plan nacional de acción para desarrollar vehículos limpios. A partir de ahí, varias leyes, decretos y planes se fueron sucediendo, pasando por las leyes *Grenelle*, hasta que en 2015 Francia sacó adelante la ley de transición energética para un crecimiento verde, que propone herramientas para el desarrollo de una transición energética con más de cincuenta puntos de aplicación inmediata tras la aprobación de la ley.

La electricidad en el transporte en otros países europeos

A pesar de que, como se ha visto, Francia es uno de los países que ha logrado tasas de penetración del vehículo eléctrico más altas, se han mencionado otros de la UE que han logrado alcanzar cifras similares de penetración. Sin embargo, dado que no solo existen diferencias cuantitativas en los logros, sino también en las medidas y apoyos que se han aplicado, resulta necesario comparar las estrategias seguidas.

En este sentido cabe mencionar las experiencias de países europeos que establecieron ambiciosos programas de impulso a la electromovilidad y en los que la reducción de los apoyos, una vez el mercado había despegado, implicó una brusca ralentización. Tal es el caso de Estonia, que fue el primer país en construir una red de recarga nacional y estableció importantes ayudas para la compra, lo que desde 2012 supuso para este país báltico un mercado con un crecimiento rápido, pero no sostenido. En el año 2014 las ayudas se restringieron, lo que provocó la caída desde 1,58% de las matriculaciones al 0,19% en 2015, sin visos de remontar por ahora. Similar a Estonia es el caso de Dinamarca, donde la aplicación de nuevo del impuesto de matriculación a los vehículos eléctricos en 2016, significó una caída de las ventas al 0,5% desde el 2% en 2015.

Uno de los países que pueden generar mayor interés es Alemania, cuya industria de automoción está en primera posición mundial; a pesar de ello y del apoyo a la

compra, en Alemania en 2016 el vehículo eléctrico solo alcanza una cuota de mercado del 0,7% de las ventas totales del país, y no se espera que supere el 10% de las ventas antes de 2020, a pesar del objetivo del Gobierno alemán de alcanzar el millón de vehículos eléctricos en 2020 y seis millones en 2030.

Alemania ofrece hasta 2020 un programa de ayudas a los vehículos eléctricos con un presupuesto total de 1.200 millones de euros, que implica ayudas directas de 4.000 € para los BEV y 3.000 € para los PHEV. También ofrece exenciones al impuesto de propiedad basados en la potencia del motor y en las emisiones de CO₂, entre otros incentivos. Cabe incidir, como característica en el caso alemán, la presencia de pequeños distribuidores de energía de propiedad municipal, o *stadtwerke*, que suministran energía directamente en 20.000 municipios. Esta particularidad de la distribución eléctrica alemana es relevante para entender el desarrollo de las infraestructuras de recarga eléctrica.

Holanda destaca por ser el segundo país del mundo en importancia en electromovilidad. La estrategia de apoyo al vehículo eléctrico se inicia a raíz del acuerdo nacional de energía verde, en el que participaron empresas, centros de investigación e instituciones académicas, y considera la electromovilidad como una oportunidad económica.

Dicho acuerdo contempla reducciones de CO₂ en el transporte del 17% a 2030 y del 60% a 2050, al tiempo que establece que todos los vehículos nuevos vendidos a partir de 2035 han de ser sin emisiones de CO₂. Para ello el principal estímulo es el de los beneficios fiscales, en especial para los BEV, y se basan en el establecimiento de impuestos de matriculación que se incrementan de manera importante con las emisiones de CO₂ por kilómetro.

Con todo, el caso más paradigmático es el de Noruega, cuyos primeros mecanismos de apoyo datan ya del año 1990 y se han ido desarrollando en las últimas décadas con un importante consenso político. Así, en 2016 los vehículos eléctricos presentaban tasas de ventas del 28,8%, habiendo superado ya el 34% en los ocho primeros meses de 2017. El “mecanismo” principal es la exención del impuesto de compra, que en el caso de los PHEV es de hasta 10.000 €.

La estrategia del Gobierno de Noruega a través de la empresa pública ENOVA, orientada a la reducción del consumo de petróleo, y las dos últimas ediciones del Plan Nacional de Transporte de Noruega, están más orientados al desarrollo de la electromovilidad en el transporte marítimo y a la promoción del transporte público. En cualquier caso, entre los objetivos de Noruega está la reducción de las emisiones del transporte en un 50% en 2030, y el establecimiento de que a partir de 2025 todos los vehículos nuevos de tipo ligero, furgonetas ligeras y autobuses urbanos habrán de ser de cero emisiones; así como el 75% de los nuevos autobuses de larga distancia y el 50% de los camiones a partir de 2030.

Otro país del grupo de cabecera de la electromovilidad es Suecia, país que pretende alcanzar un 70% de reducción de emisiones de CO₂ para 2030. Suecia ofrece un programa de ayudas directas de unos 4.200 € para el BEV y de 2.100 € para los

PHEV, junto con exenciones al impuesto de circulación durante los primeros años. Una característica que ha acompañado al sistema de ayudas sueco es la de las interrupciones puntuales desde su introducción de 2012 que han dado lugar a puntas en las ventas de VE que recuerdan los casos de Estonia y Dinamarca, lo que pondría de relieve la necesidad de que los incentivos tengan continuidad en el tiempo.

CONCLUSIONES

El concepto de la movilidad sostenible hace referencia a la satisfacción de las necesidades de desplazamiento de las personas de una manera asequible, eficaz y a la vez medioambientalmente respetuosa.

El gas natural y la electricidad, las energías alternativas en el transporte con mayor potencial de despliegue, presentan situaciones diferentes con respecto a los tres pilares que soportan una movilidad sostenible: gestión de la eficiencia, de la demanda y del impacto ambiental.

Para la gestión de la eficiencia hay que considerar la ocupación de los vehículos, el nivel de tráfico y las infraestructuras. En la gestión de la demanda, la promoción del transporte público o las modalidades de uso compartido del vehículo privado. Y por último en la gestión del impacto, la mejora de la calidad del aire y la lucha contra el calentamiento global.

El gas natural y la electricidad están ampliamente distribuidas en los países de la Unión Europea, con redes que pueden soportar el inicio del despliegue, faltando en ambos casos a nivel europeo el desarrollo de la infraestructura de recarga o suministro para los vehículos.

La tecnología de vehículos de gas es madura, ampliamente utilizada a nivel mundial, y puede aplicarse a los vehículos existentes con cambios menores. La tecnología del vehículo eléctrico está en desarrollo, con grandes cambios en precios y prestaciones.

Los casos más significativos en la Unión Europea son Italia para el gas natural, por ser el país con mayor utilización del mismo en el transporte, y Francia en el vehículo eléctrico, relevante por el tamaño del país, el volumen de la demanda, su industria de automoción y sus políticas de apoyo.

El gas natural se emplea ampliamente en un buen número de países, desarrollados o en vías de desarrollo, y tiene sus inicios en la modificación de vehículos de gasolina para utilización de un combustible de producción local más barato (reducción de costes). La energía eléctrica, sin embargo, circunscribe su uso a un reducido número de países desarrollados además de China, y su inicio se debe a objetivos de la mejora de eficiencia (consumo) y del impacto (emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero).

Actualmente, el gas natural se utiliza en vehículos privados de pasajeros, comerciales ligeros y de servicios (autobuses y camiones) de uso frecuente o con recorridos cortos desde su base; mientras que el de la electricidad se reduce sólo a

los vehículos de pasajeros y comerciales ligeros con idénticas características de frecuencia de uso y recorrido.

Ambas energías gozan en la legislación europea de la posibilidad de aplicación de un impuesto reducido a la energía, e incluso de su eliminación, e incentivos para promover su aplicación en el transporte.

Para los nuevos vehículos con motor de explosión (2020+), pendiente del resultado de la certificación mediante el ensayo en condiciones reales de conducción (en vigor desde setiembre de 2017), el gas natural ofrece una ligera reducción de emisiones contaminantes y de CO₂ respecto al diésel. Por ello, en países con objetivos ambiciosos de reducción de emisiones de CO₂ en el transporte, tales como Holanda y Suecia, se considera al gas natural como solución transitoria, previa al desarrollo de la movilidad eléctrica, y para el impulso del biogás.

El impulso al gas natural en el transporte en Italia se ha generado gracias a la existencia de recursos domésticos que explotar y se ha desarrollado una industria del vehículo a gas natural. Italia ha impulsado el desarrollo de la normativa, liderado su adopción internacional y el desarrollo de la infraestructura de distribución y suministro de gas para automoción.

Con todo, su consumo representa el 3% del consumo total de energía en el transporte por carretera, aunque ha mantenido un crecimiento sostenido del 9% anual. La situación actual muestra que las infraestructuras son condición necesaria, pero no suficiente, pues a pesar de haber aumentado en un 8% entre 2014 y 2016, las matriculaciones de nuevos vehículos han caído del 6 al 2,1 % en el mismo periodo.

Alemania ha hecho un esfuerzo importante en desarrollo de infraestructuras para el gas natural vehicular. Sin embargo, la penetración se mantiene baja, y el número de vehículos por estación de suministro está muy por debajo de otros países europeos.

El gas natural además de ser más barato que el petróleo en los mercados mayoristas, goza de impuestos considerablemente inferiores a la gasolina y el diésel, por lo que resulta atractivo como combustible en aplicaciones comerciales, bien sea como gas comprimido o licuado. Resulta por tanto competitivo en su aplicación como gas licuado en el transporte de mercancías por carretera y en el transporte marítimo en sustitución del diésel y de los gasóleos marinos, respectivamente.

En lo que respecta a la movilidad eléctrica, en Francia el impulso político se ha acelerado a raíz de las leyes Grenelle, y finalmente la ley de transición energética para un crecimiento verde. A esto hay que añadir los importantes incentivos para la compra (6.000 – 10.000 €) la particular combinación de un *mix* de generación eléctrica bajo en emisiones de CO₂ y una industria de la automoción muy potente.

Noruega supone el caso más exitoso en cuanto a penetración del vehículo eléctrico, sobre todo en áreas urbanas. Esto se debe, fundamentalmente, a los elevados

incentivos a la compra y a medidas locales, tales como utilización gratuita de los aparcamientos públicos o de carriles especiales.

Alemania ha buscado, al igual que en el gas natural, el desarrollo de las infraestructuras de recarga eléctrica, y sin embargo la penetración se mantiene baja. Tiene una industria automovilística muy robusta con una gran fuerza de innovación y apuesta por incentivos directos al vehículo de bajas o nulas emisiones (hasta 4.000 €). Tiene en contra un *mix* de generación eléctrica desfavorable en emisiones, y al igual que en todos los países analizados la distribución de las infraestructuras de recarga y la penetración de los vehículos son diferentes y según regiones.

Incentivos y ventas

Las diferencias entre las cuotas de ventas de vehículos eléctricos de los países europeos están relacionadas con las políticas para su promoción, que son distintas.

En cuanto a los incentivos existen dos grupos de países, aquellos cuyo sistema impositivo les permite tener una ayuda a la compra significativa mediante la reducción del impuesto de matriculación, caso de Noruega y Holanda, y los que al no poder disponer de esa posibilidad, apuestan por ayudas directas a la compra, caso de Francia, Alemania o Suecia (y España). Francia ofrece un incentivo adicional por la entrega de un vehículo diésel antiguo, lo que permite incrementar la ayuda a la compra.

Cuando se supera un umbral mínimo de incentivos mejora el despliegue inicial del vehículo eléctrico, aunque este no sea suficiente para un fuerte crecimiento del mismo. En cualquier caso, lo anterior no explica por sí solo las diferencias de ventas entre los países, por lo que se deben analizar otros parámetros.

Conviene señalar que por el reducido número de datos disponibles, los resultados tienen un carácter fundamentalmente orientativo o ilustrativo, pero en ningún caso concluyente.

Así, los parámetros económicos que presentan una mejor relación con las ventas son la capacidad adquisitiva de la población (entendida a través de indicadores como la renta familiar disponible o el PIB per cápita), o la diferencia de precios entre la electricidad y los combustibles convencionales.

Aunque en términos energéticos, el precio de la electricidad para el consumidor doméstico en los países con mayor penetración del vehículo eléctrico es ligeramente superior al del diésel (con excepción de Noruega), el vehículo eléctrico presenta menores costes de operación debido a su mayor eficiencia. No ocurre así en Alemania (y España), con precios de electricidad significativamente superiores al diésel. En cualquier caso, una comparación más completa llevaría a considerar el coste total de utilización para el propietario (TCO por sus siglas en inglés), que incluye los costes de adquisición del vehículo.

El porcentaje de población que reside en viviendas unifamiliares o en adosados también presenta cierta relación con las ventas de vehículos eléctricos, debido a la mayor facilidad para instalar sistemas de recarga en el hogar.

Las emisiones de CO₂ del *mix* de generación eléctrica, relevante en las emisiones del sistema energético a la rueda, no es un parámetro que parezca influir en las ventas. Parece que el consumidor percibe sólo la diferencia de las emisiones del tanque/batería a la rueda, cero para el vehículo eléctrico, mientras que las del sistema energético a la rueda, en donde interviene el *mix* de generación, se corresponderían más con el punto de vista de la administración.

En cuanto al despliegue de la infraestructura pública de recarga, este no parece tener una clara relación con la superficie de cada país o de su densidad de población. En cualquier caso, no resulta evidente que los puntos de recarga induzcan por sí solos un mayor despliegue del vehículo eléctrico, siendo su presencia condición necesaria pero no suficiente.

1. TRANSPORTE Y ENERGÍA

El transporte ha sido siempre una parte importante de la actividad humana, ha permitido la movilidad de las personas y el intercambio de mercancías favoreciendo el desarrollo de la economía. La contribución del transporte al desarrollo social ha recibido un gran impulso durante el siglo XX, desde la aparición de los vehículos a motor. Los vehículos a motor se han convertido desde ese momento en el principal medio para la movilidad de los ciudadanos y el transporte de mercancías, y la flota de vehículos, que no ha dejado de crecer (actualmente existen en el mundo más de 800 millones de vehículos), ha transformado las economías nacionales al permitir la integración geográfica de centros de producción, productos y mercados de consumo. El automóvil ha contribuido a la mejora de la calidad de vida, ha facilitado el acceso a educación, a centros laborales y a hospitales y ha ofrecido a las personas la posibilidad de decidir dónde vivir, cuándo y a dónde desplazarse. El automóvil es el principal medio de movilidad y uno de los pilares de la economía.

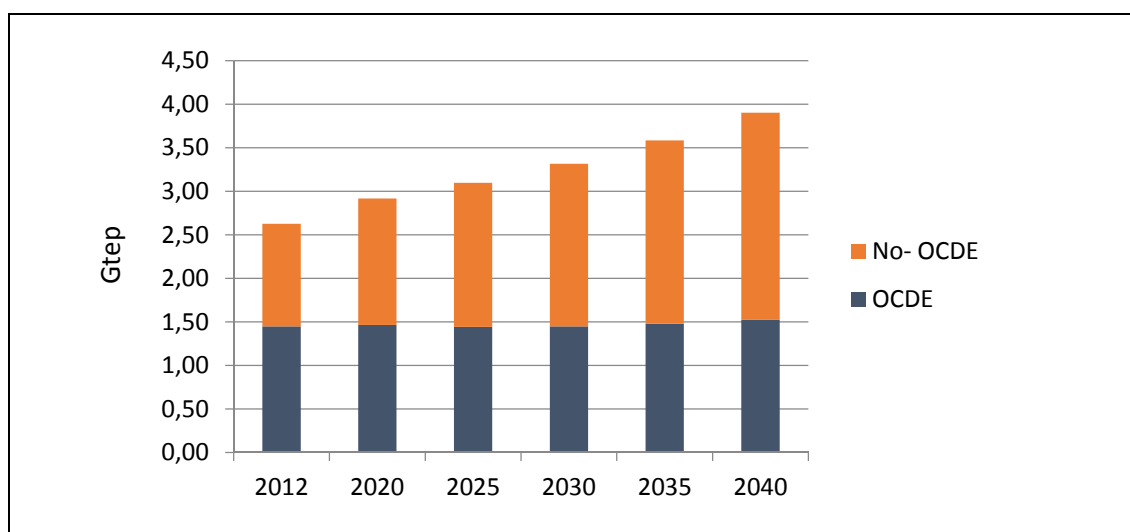
1.1. En el mundo

El consumo mundial de energía continuó aumentando en 2016, un 1% sobre 2015, creciendo la demanda de las energías fósiles (0,7%), de petróleo y gas natural al 1,8% y disminuyendo la demanda del carbón. Las emisiones de CO₂, han experimentado un ligero aumento, próximo al 0,1%.

El transporte supone alrededor del 25% del consumo mundial de energía final (2.800 Mtep en 2016)², de las cuales el 60 % corresponde al transporte de pasajeros, es uno de los sectores con mayor crecimiento de consumo y se espera que continúe haciéndolo con una tasa media estimada de crecimiento anual del 1,5% hasta 2040. Los países no-OCDE serán responsables de este crecimiento, ya que en los países mayores consumidores de la OCDE: Estados Unidos, la Unión Europea y Japón, el consumo permanece estabilizado debido a la mayor eficiencia de los nuevos vehículos y de la gestión del transporte (ver gráfico siguiente).

² Dato estimado mediante proyección del consumo del año 2012 teniendo en cuenta el crecimiento del consumo global de combustibles.

GRÁFICO 1. Evolución del consumo de energía en transporte a 2040 en países OCDE y no OCDE



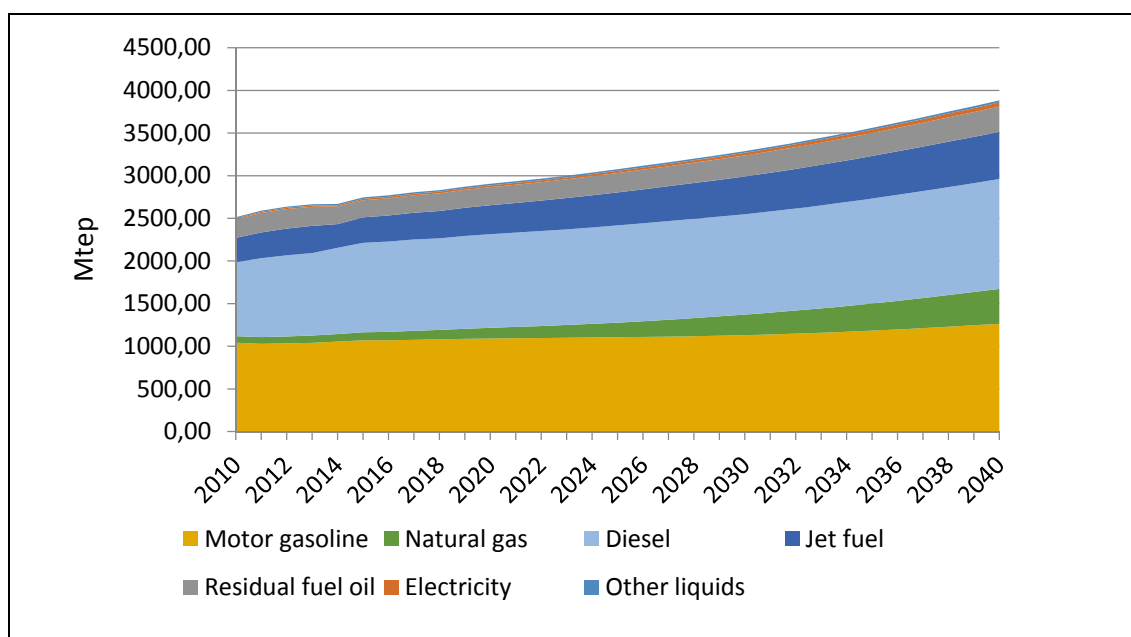
Fuente: elaboración propia a partir de (EIA, 2016).

Los combustibles líquidos procedentes del petróleo son la fuente de energía dominante en el transporte a nivel mundial, representando 96% del consumo, y continuarán siéndolo en el futuro, aunque su contribución al consumo total tiende a reducirse. Las proyecciones de consumo de la *Energy Information Administration* de Estados Unidos (EIA) estiman una reducción desde dicho 96% actual hasta el 88% en 2040 (ver gráfico siguiente).

Estas proyecciones están basadas en datos del año 2012, por lo que, dados los cambios que se están produciendo en el mercado de vehículos eléctricos, es posible que la previsión de consumo de energía eléctrica esté infraestimada; no obstante, del gráfico se pueden observar tendencias generales en lo que respecta al consumo de energía final, entre las que se destacan las siguientes: a) crecimiento del consumo mundial de energía en el transporte a una tasa media anual del orden del 1,5%; b) disminución de la contribución de los combustibles líquidos procedentes del petróleo al consumo total; c) aumento significativo de la contribución del gas natural, que se materializará fundamentalmente en el transporte de mercancías, en grandes camiones de transporte y en el transporte marítimo; y d) crecimiento del consumo de electricidad, esencialmente en el transporte de pasajeros, tanto en el sector ferroviario como en el vehículo privado.

En cualquier caso, a pesar de los cambios que se están produciendo en la estructura de consumo energético, es de esperar, por tanto, que las emisiones, tanto de gases de efecto invernadero como de contaminantes, especialmente las primeras, sigan aumentando a la vez que lo hará el consumo de recursos energéticos fósiles.

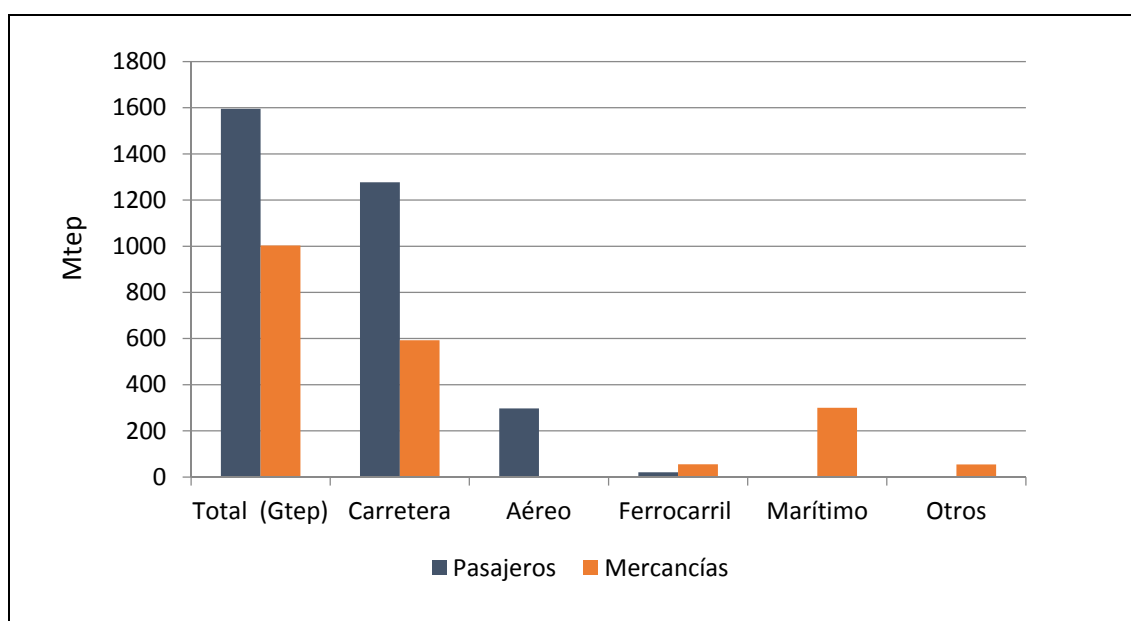
GRÁFICO 2. Evolución a 2040 del consumo mundial de energía final en el transporte por fuente



Fuente: elaboración propia a partir de (EIA, 2016).

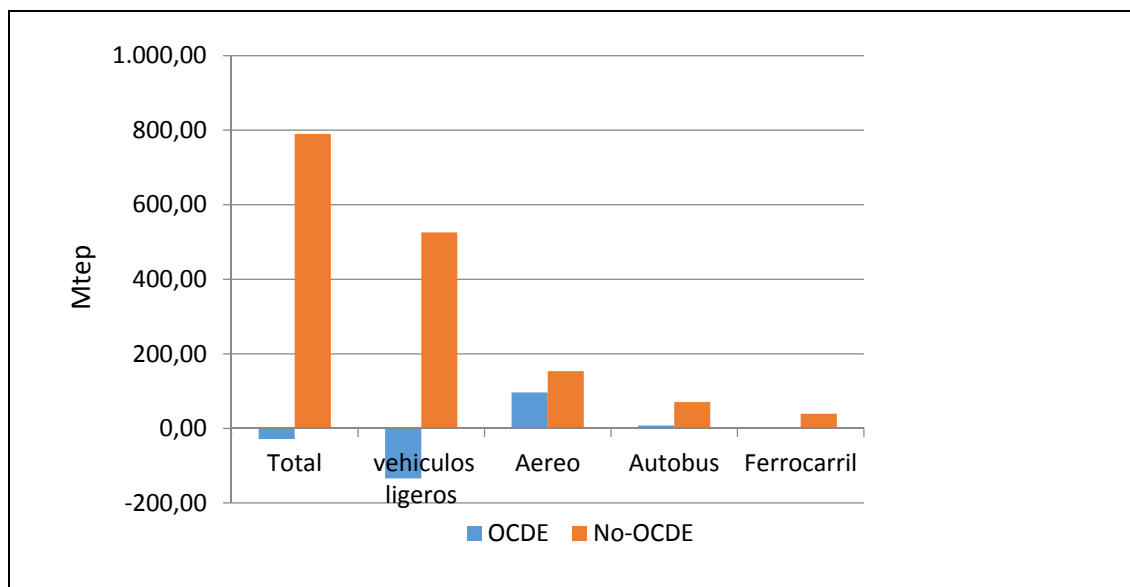
Como se ha mencionado, el consumo del transporte de pasajeros por carretera representa actualmente aproximadamente el 50% del consumo total de energía en el transporte (ver gráficos siguientes). Se estima que su consumo crecerá a una tasa media de un 1,5% anual hasta el 2040, al que contribuirán mayoritariamente los países en vías de desarrollo, fundamentalmente China e India.

GRÁFICO 3. Consumo de energía final en el transporte de pasajeros y mercancías total y por modos en 2016



Fuente: elaboración propia a partir de (EIA, 2016).

GRÁFICO 4. Variación estimada del consumo de energía en el transporte pasajeros según modos para los países OCDE y no-OCDE en el periodo 2012-2040



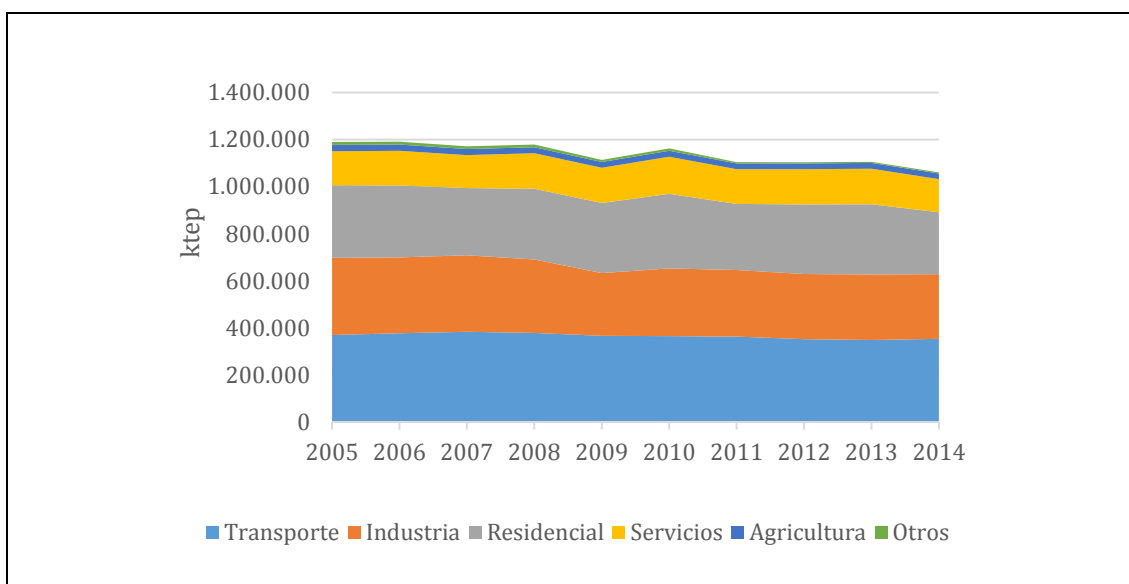
Fuente: elaboración propia a partir de (EIA, 2016).

1.2. En la Unión Europea

En la UE el consumo total de energía aumentó un 0,7% en 2016 con un crecimiento significativo en la mayoría de los Estados Miembro. El consumo de petróleo experimentó un crecimiento de un 2%, destacando el consumo de destilados medios, la principal energía en el transporte, con un crecimiento equivalente. Las emisiones de CO₂, asociadas a la energía, han aumentado un 0,2%, a pesar de la caída del consumo de carbón en un 9%.

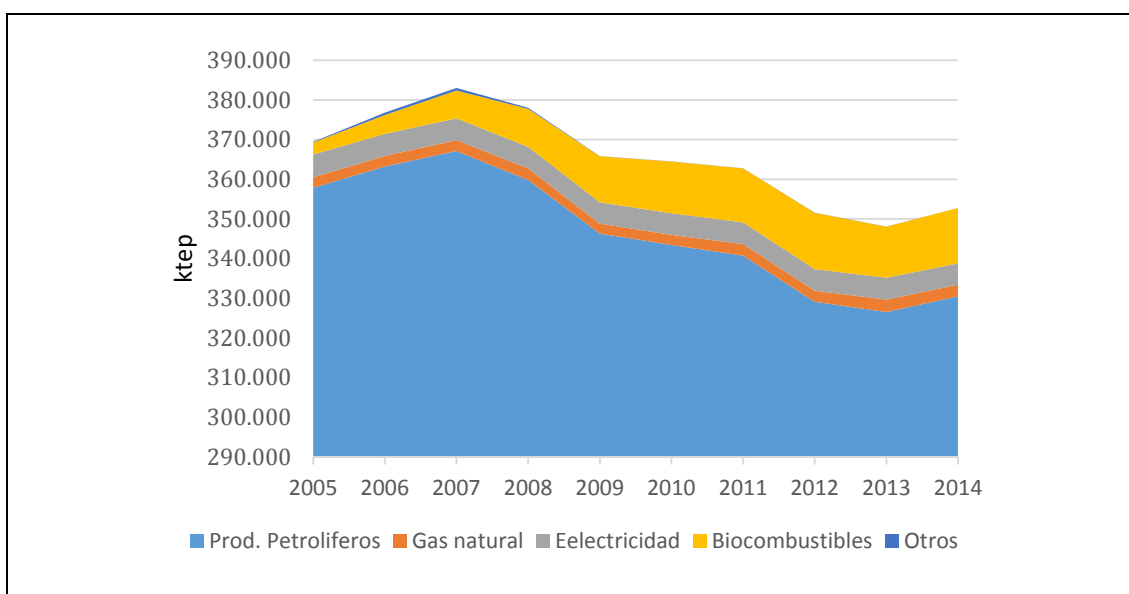
El transporte es el sector de mayor consumo de la UE y, a diferencia de los otros sectores, su consumo no ha disminuido en los últimos años y ha experimentado un ligero repunte en los últimos años, al igual que el número de matriculaciones de nuevos vehículos (6,8% de crecimiento en 2016) (ver gráficos siguientes). Se soporta casi exclusivamente en derivados del petróleo como fuente de energía, cuyo déficit exterior de la UE es cada vez mayor y, dentro de los distintos modos, el transporte por carretera es el de mayor consumo. El consumo de energía de los ciudadanos para la movilidad en sus propios medios personales representa más del 75% del consumo total del transporte por carretera y de las emisiones de GEI y es el de mayor impacto ambiental. Por ello, los compromisos de la UE respecto al cambio climático de la cumbre de París, y la preocupación sobre la seguridad de suministro de petróleo, determinan que la movilidad en carretera sea foco de atención prioritario de la estrategia sostenibilidad de la UE.

GRÁFICO 5. Consumo de energía final por sectores en la UE



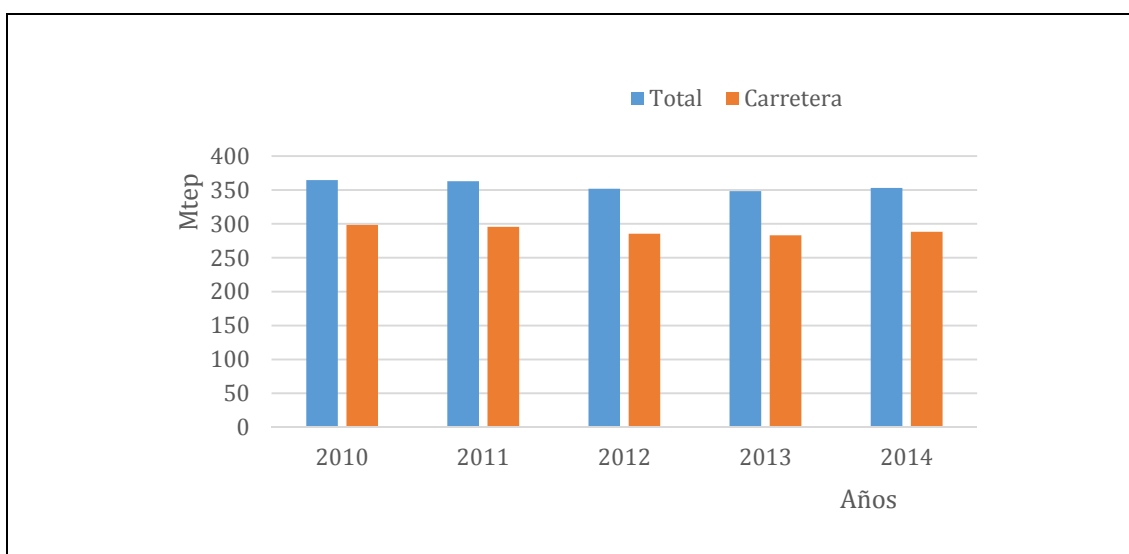
Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2015).

GRÁFICO 6. Energías utilizadas en el transporte en la UE



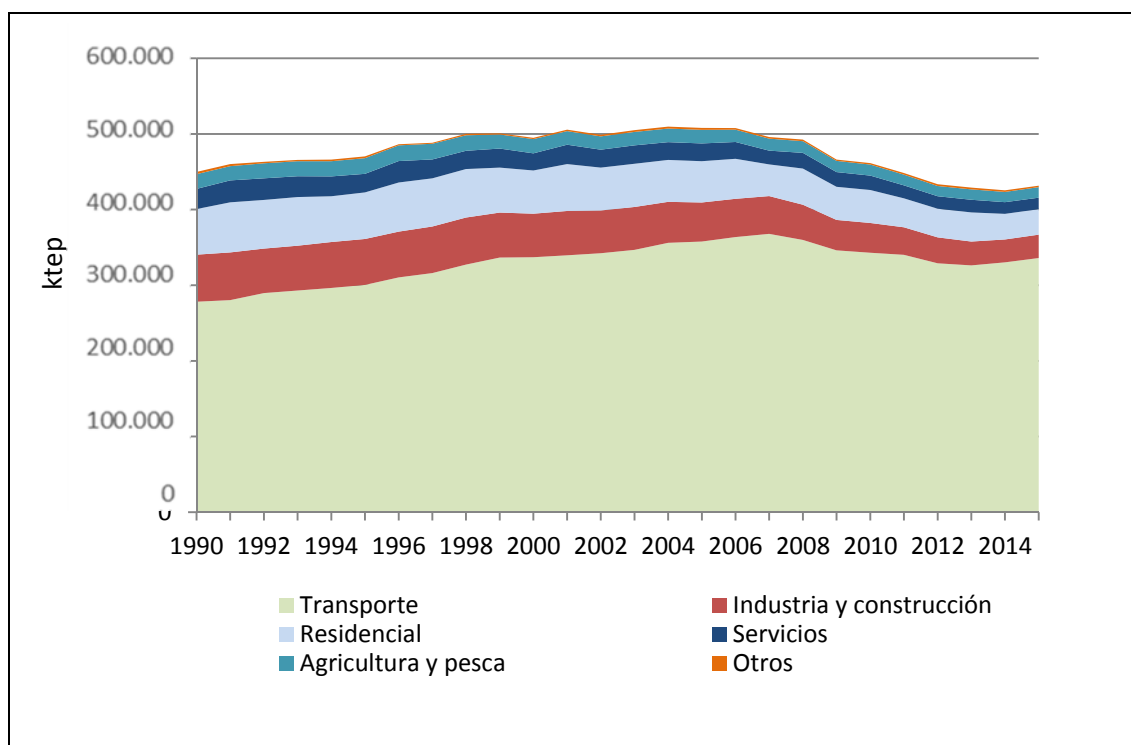
Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2015).

GRÁFICO 7. Consumo de energía en el transporte de carretera frente al total en la UE

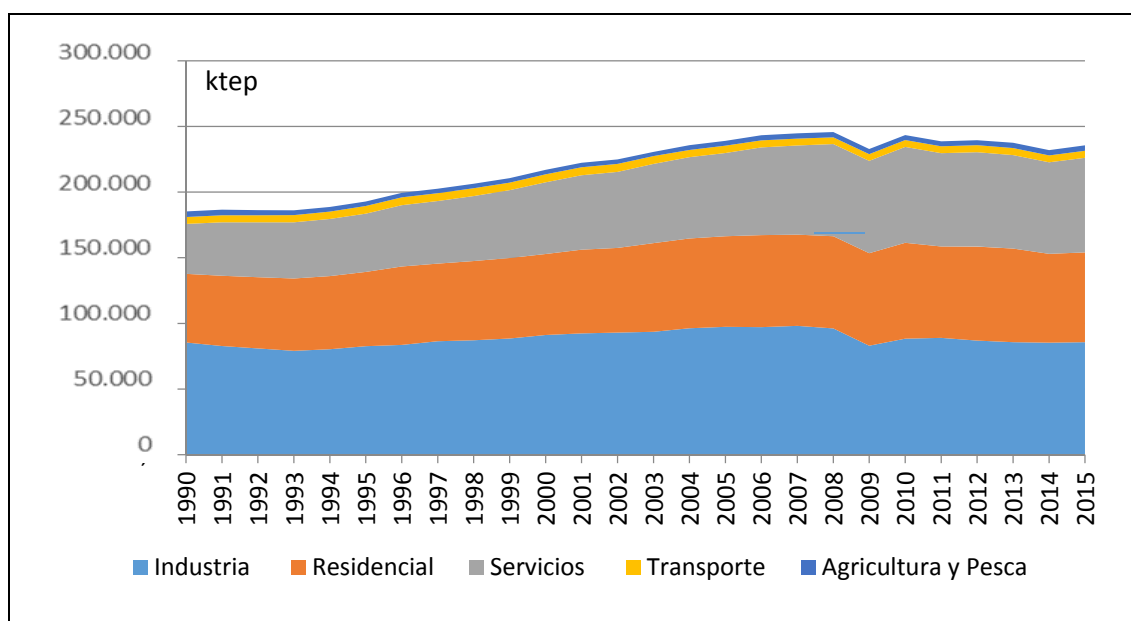


Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2015).

Teniendo en cuenta que el transporte consume un 94% de combustibles procedentes del petróleo, que suponen el 75% del consumo total de productos de petrolíferos en la UE (ver gráficos siguientes) y que esta es cada año más dependiente del exterior para el suministro; que su consumo de energía eléctrica en el transporte no es significativo y que, una vez comprobado que la aportación de los biocombustibles de primera generación a la reducción de emisiones está limitada, la Comisión no se plantea la introducción de nuevos objetivos de energía renovable en el transporte después de 2020; la estrategia marco de sostenibilidad del transporte, en particular de la movilidad como mayor consumidor de energía, es clave para el cumplimiento de la estrategia sostenibilidad energética y ambiental de la UE.

GRÁFICO 8. Consumo de energía final de productos petrolíferos por sector

Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2015).

GRÁFICO 9. Consumo final de electricidad por sector

Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2015) y (EEA, 2015).

Por todo ello, la estrategia para la mejora de la sostenibilidad energética y ambiental en el transporte de la UE se focaliza en el aumento de la eficiencia energética, en promover la electrificación del transporte mediante el desarrollo e implantación de vehículos eléctricos, en el desarrollo de biocarburantes de segunda y tercera generación y en desarrollo e implantación de vehículos que utilicen combustibles

alternativos a los procedentes del petróleo que impliquen menores emisiones de gases de efecto invernadero.

2. TRANSPORTE Y SOSTENIBILIDAD EN EUROPA

2.1. Transporte y sostenibilidad

En todo lo anterior se ha visto el peso del transporte en el consumo mundial de energía final y, dentro de éste, el peso relativo del transporte de pasajeros, es decir de la energía consumida en la movilidad de las personas, en particular en el transporte por carretera. Igualmente, se ha destacado que el uso del vehículo privado es, de largo, el mayor consumidor de energía en la movilidad de las personas, y es el de mayor impacto en el aumento del consumo energético para la misma en el futuro. Si además se tiene en cuenta que la energía consumida procede mayoritariamente de combustibles fósiles, esencialmente no renovables, y que en el consumo se producen emisiones de gases de efecto invernadero, causantes del calentamiento global, y emisiones contaminantes con efecto en la salud de los ciudadanos y el medio ambiente, se ha de entender que las acciones dirigidas a reducir el consumo y a minimizar los impactos sobre la salud y el medio ambiente, se califiquen como sostenibles. Estas serán tanto más sostenibles cuanto más se aproximen a facilitar una movilidad basada en recursos renovables y sin impactos en la salud y el medio ambiente.

Si a lo anterior se añade el hecho de la tendencia global al aumento de la población urbana y que la mayoría de los ciudadanos utiliza el coche diariamente (el 70% de los ciudadanos europeos viven en áreas urbanas y el 50 % utiliza el coche diariamente para sus desplazamientos, principalmente al centro de trabajo [Comisión Europea, 2013]), la mayoría de los desplazamientos tienen lugar en interior de áreas urbanas (Álvarez y Menéndez, 2017).

En las ciudades tiene lugar un gran número de desplazamientos con múltiples orígenes y destinos, lo que origina en ocasiones congestiones severas y elevados niveles de emisiones y ruido, con impacto en la calidad del aire y como consecuencia en la salud de los ciudadanos. Todo ello ha determinado el interés de las Administraciones en impulsar el desarrollo de una movilidad con las características citadas anteriormente, es decir “sostenible”, aspecto este que se desarrollara en los apartados que siguen.

Estrategia Europea del transporte

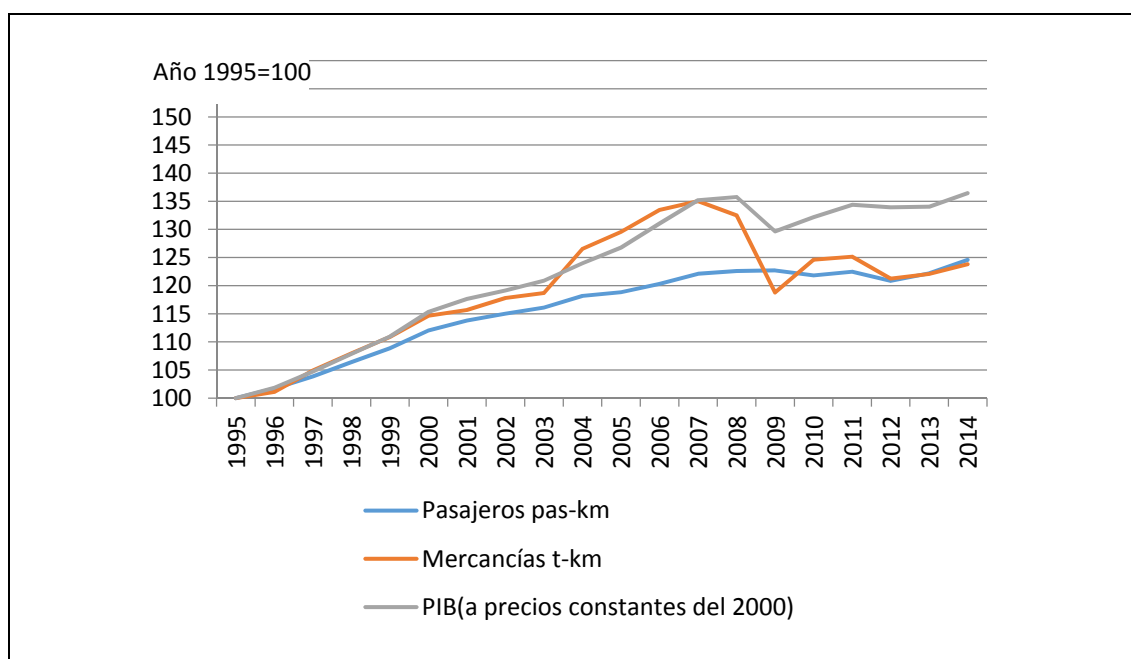
Se ha hablado en el capítulo anterior del transporte de forma global así como de sus sub-sectores componentes: mercancías y pasajeros. Ambos se definen por indicadores que incluyen cantidad (toneladas o pasajeros) por la distancia transportada (km) en forma de toneladas-km (t-km) o de pasajeros-km (pas-km). Sin embargo, dado que tanto en el título del trabajo como en el de este apartado, se hace referencia a la movilidad de las personas, es pues necesario clarificar los conceptos de transporte de pasajeros y movilidad.

Por “movilidad” puede entenderse la facilidad de una persona para satisfacer sus necesidades de desplazamiento, cualquiera que sea la causa del mismo, por si misma

o mediante cualquier medio. Si el concepto se restringe solo a la movilidad que necesita de un aporte exterior a la persona: energía y/o infraestructura, que debe estar disponible para satisfacer su demanda, entonces se trata del transporte de pasajeros. El número de kilómetros que la persona recorre en un tiempo determinado (normalmente un año) en un medio de transporte específico es el indicador que mide la demanda y, tal como se ha dicho, se expresa como pasajeros-kilómetro/año (pas-km/a).

La demanda de transporte, en particular de movilidad, ha crecido de forma paralela a la economía (ver gráfico siguiente) en los países desarrollados, en particular en la UE, y se observa actualmente una tendencia similar en los países en vías de desarrollo. El gasto total estimado en movilidad (personal + servicios) de los hogares de la UE-28 ascendió, en 2013, a 961 mil millones de euros, un 12,8 % del gasto total de los hogares (el 10,8 % en España). El 26% de dicha cantidad se utilizó en la adquisición de vehículos, el 54% en la operación de los medios personales de transporte y el restante 20% en medios públicos de transporte. En ese año, la demanda de transporte en la UE, incluyendo el transporte aéreo interior, ascendió a 6,5 Gpas-km (ver gráfico 11) y el 74,2% correspondió al vehículo privado (coches+ motocicletas), mientras que el 25,8% restante correspondió al transporte público³ (Comisión Europea, 2016a).

GRÁFICO 10. Evolución del transporte en la UE-28 (valores relativos respecto a 1995)



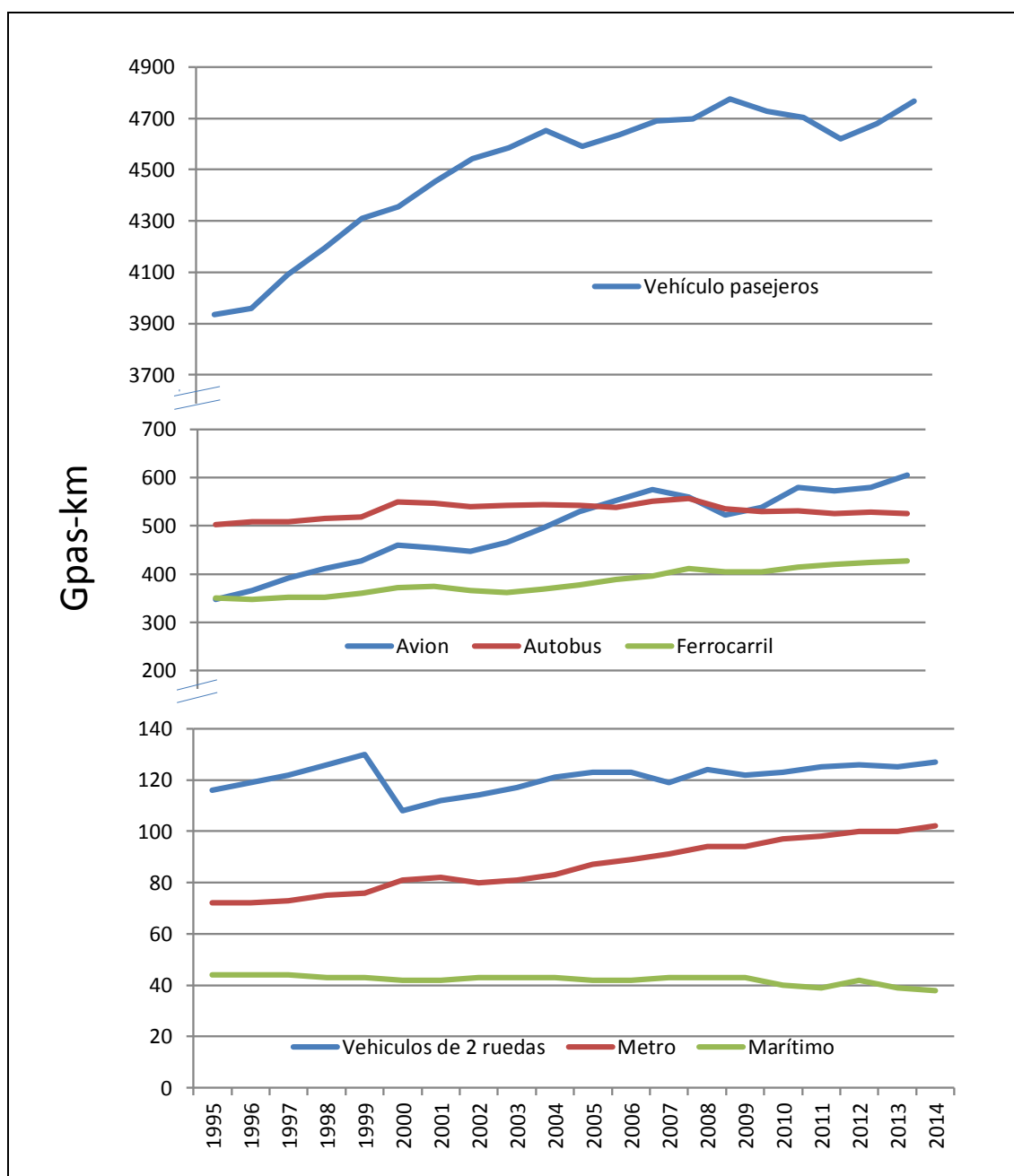
Fuente: elaboración propia a partir de (Comisión Europea, 2016a).

³ En España la demanda arroja valores relativos similares a los de la UE-28, así de una demanda total de 420 Mpas-km en 2013, un 75,5 % corresponden al vehículo privado y el 24,5% al transporte público.

El transporte y, dentro de él, la movilidad de los ciudadanos es para la UE un sector clave para desarrollar su estrategia de sostenibilidad energética y medioambiental. A este respecto, el compromiso de la UE de reducción en un 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero, de alcanzar una cuota de al menos, 27% de energía de origen renovable en el consumo de energía final y el 30% de reducción del consumo de energía primaria, requiere: a) reducir al menos un 30% respecto al 2005 de las emisiones en los sectores no sometidos al comercio de emisiones: el residencial y el transporte (COM, 2014); b) promover el consumo de energías alternativas menos intensivas en emisiones de gases de efecto invernadero; c) aumentar la generación eléctrica renovable desde el 28% actual hasta un 50%; y d) promover la utilización de la electricidad en el transporte mediante nuevas provisiones relacionadas con los mercados minoristas (COM, 2016a).

En lo que antecede se ha revisado el marco global de la UE para la sostenibilidad en el transporte, pero en la UE el transporte por carretera representa la mayoría del consumo energético (el 80%) del sector y del impacto ambiental y social. A su vez, el transporte de pasajeros por carretera, su movilidad (y dentro de él, el correspondiente al vehículo privado) es el que tiene mayor peso, representando más del 75% del total (ver gráfico siguiente). Por ello la estrategia de la UE, anteriormente definida, destinada a la reducción del consumo energético y las emisiones en el transporte, se focaliza, en gran parte, a hacer más sostenible el transporte por carretera, en particular en el vehículo privado y en el transporte urbano en el que se produce la mayoría de desplazamientos y del impacto para la salud de los ciudadanos.

GRÁFICO 11. Transporte de pasajeros en la UE por modo en miles de millones de pas-km (Gpas-km)

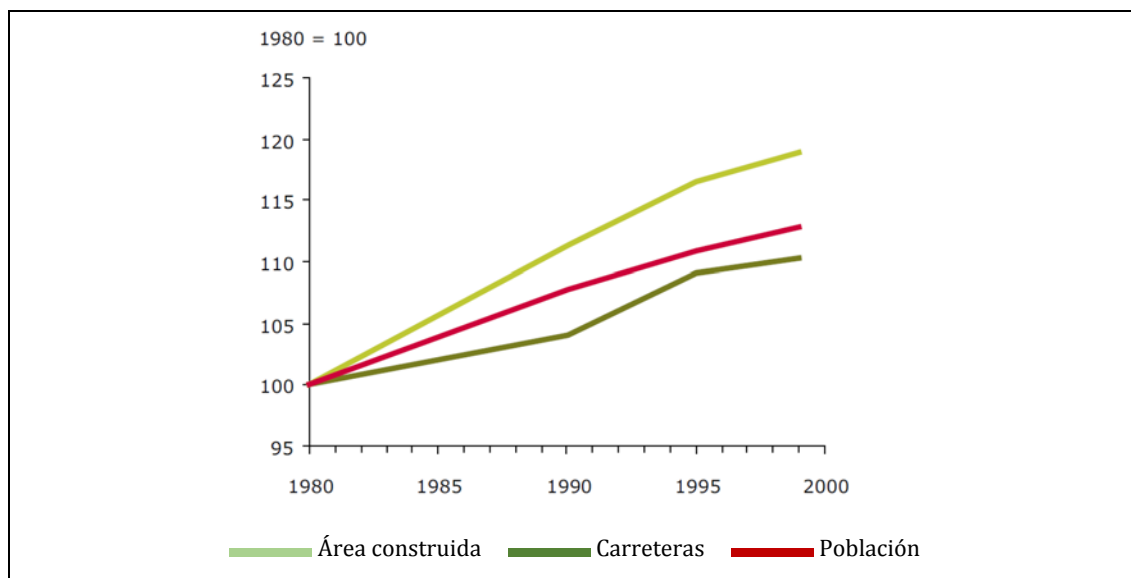


Fuente: elaboración propia a partir de (Comisión Europea, 2016a).

2.2. Marco europeo para la movilidad sostenible

La UE se enfrenta a varios retos en el ámbito de la movilidad: cumplir sus compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, mitigar la dependencia respecto al petróleo, dar respuesta a la demanda actual de movilidad y proporcionar movilidad a una población urbana en aumento, cada vez más vieja y viviendo en ciudades cada vez más dispersas (ver gráfico siguiente).

GRÁFICO 12. Evolución del área construida, carreteras y población en algunos países de la UE



Nota: Los países cubiertos son Bélgica, República Checa, Dinamarca, Francia, Alemania, Letonia, Lituania, Holanda, Polonia y España.

Fuente: (EEA, 2006).

Con respecto a la reducción de la dependencia del petróleo, en grandes distancias es poco probable que sólo con vehículos más eficientes o con el uso de combustibles alternativos que en la actualidad, tienen poca autonomía, se consiga la reducción de emisiones necesaria o resolver los problemas derivados de la congestión, por lo que se ha de favorecer la utilización de sistemas de gran capacidad como autobuses y ferrocarril, ambos con posibilidad de electrificación y utilización de combustibles alternativos como el GNL (gas natural licuado) con capacidad de proporcionar la autonomía necesaria. Adicionalmente ha de impulsarse la integración de redes modales con plataformas de conexión intermodales y la implantación de tecnologías de información en línea, de sistemas de pago electrónico, la expedición de billete único y medios de transporte individuales con o sin conductor (el desarrollo de vehículos autónomos abre gran número de posibilidades en este ámbito).

Las áreas urbanas, en las que la reducción del impacto en la calidad del aire es más importante y los desplazamientos son más cortos y numerosos, ofrecen, sin embargo, buenas posibilidades para el desarrollo e implantación de vehículos con combustibles alternativos: GLP (gases licuados del petróleo), GNC (gas natural comprimido) y electricidad para la sustitución de los vehículos de propulsión convencional. Ello permitirá una reducción significativa de la dependencia del petróleo y de las emisiones contaminantes. Este desarrollo deberá complementarse con el de la infraestructura de suministro de combustibles y recarga de baterías. En consonancia con esta estrategia la UE ha aprobado la directiva 2014/94/UE o DAFI (*Deployment of Alternative Fuels Infrastructure* en inglés) sobre la implantación de una estructura de combustibles alternativos.

La directiva sobre combustibles alternativos establece un marco común de medidas a ser implementadas por los Estados Miembro para desarrollar una infraestructura de distribución de los mismos y determina el número mínimo de puntos de recarga para vehículos eléctricos y de gas natural (GNC), además de GNL, GLP y biocombustibles (incluye también el hidrógeno aunque su desarrollo está más lejano) así como el desarrollo de las especificaciones técnicas comunes para tales puntos de recarga.

Por otro lado, la aplicación eficiente de las regulaciones sobre eficiencia energética y emisiones requiere disponer de ensayos de certificación de vehículos que no subestimen ni consumos, ni emisiones y se aproximen a los valores reales. En este sentido la Comisión está desarrollando la propuesta de aplicación del procedimiento mundial armonizado de ensayo de vehículos ligeros (WLTP)⁴ en la UE a partir de 2017. A partir de esa fecha serán asimismo obligatorios ensayos de emisiones en condiciones reales de conducción (RDE)⁵ para la medida de emisiones de contaminantes atmosféricos de los automóviles con objeto de reducir sus emisiones.

Adicionalmente, la aplicación de las tecnologías de la información y los sistemas de transporte inteligente (STI) permiten así mismo la mejora de la eficiencia en el transporte, especialmente en las áreas urbanas. Los sistemas de información sobre la situación del propio vehículo, la comunicación entre el vehículo y los sistemas de gestión de tráfico, la información en tiempo real a los usuarios sobre la situación de la red y las zonas de congestión, control y regulación del tráfico en función del flujo de vehículos, control de acceso a zonas y áreas restringidas a un cierto tipo de vehículos, información sobre zonas y ocupación de aparcamiento, etc. permiten optimizar la utilización de la red, reducir el flujo de vehículos, evitar accidentes y, finalmente, recopilar información de la dinámica de desplazamientos, lo que resulta indispensable para la planificación de una movilidad sostenible.

Uso de los combustibles alternativos en el transporte

Según se ha visto en el apartado anterior, la estrategia de la UE para aumentar la sostenibilidad del transporte, en particular de la movilidad, pasa por: a) reducir la dependencia, actualmente casi exclusiva, del petróleo; b) reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes, así como el impacto ambiental; c) aumentar, al mismo tiempo, la contribución de las fuentes de energía renovables. Los combustibles alternativos ofrecen la posibilidad de abordar todos, o al menos

⁴ WLTP (World Harmonized Light Vehicles Testing Procedure), ciclo de homologación para vehículos ligeros de pasajeros, en desarrollo por un grupo de trabajo internacional en UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), será representativo de las condiciones de conducción; aire acondicionado, batería en carga, temperatura ambiente etc. Incluye elementos adicionales para la regulación de emisiones en el marco del WLTP: a) contaminantes adicionales: etanol, aldehídos, NO₂, N₂O, NH₃; b) definición de un estándar mundial para la medición de partículas y c) definición de un procedimiento de laboratorio para la medida de consumos de vehículos híbridos y eléctricos.

⁵ RDE, es un nuevo test adicional para la aprobación y seguimiento de vehículos ligeros de pasajeros. Emisión de NO_x y PM se miden en condiciones reales en carretera usando PEMS (*Portable Emission Monitoring System*) así mismo se registran CO₂ y CO.

varios, de estos objetivos de sostenibilidad y presentan una opción realista para uso en algunos segmentos del mercado (ver tabla siguiente).

TABLA 1. Mercados de transporte posibles para los combustibles alternativos

Mercado	Modo (categoría)	Subcategoría	Personas	Límite de peso	Combustible convencional	GLP	GNC	GNL	Energía eléctrica
Transporte de pasajeros	Carretera/M	M1	Hasta 9 pasajeros (incluyendo conductor)	<3.500 kg	Gasolina/Diesel	X	X		X
		M2	Más de 9 pasajeros	<5.000 kg	Gasolina/Diesel	X	X	X	X
		M3		>5.000 kg	Diesel		X	X	
	Marítimo				MGO			X	
Transporte de mercancías	Carretera (N)	N1	No autorizado	<3.500 kg	Diesel	X	X		X
		N2		3.500<PBV>12.000 kg	Diesel		X	X	
		N3		12.000 kg>PBV	Diesel			X	
	Ferrocarril				Diesel			X	X
	Marítimo/fluviál				MGO/Fuel Oil			X	

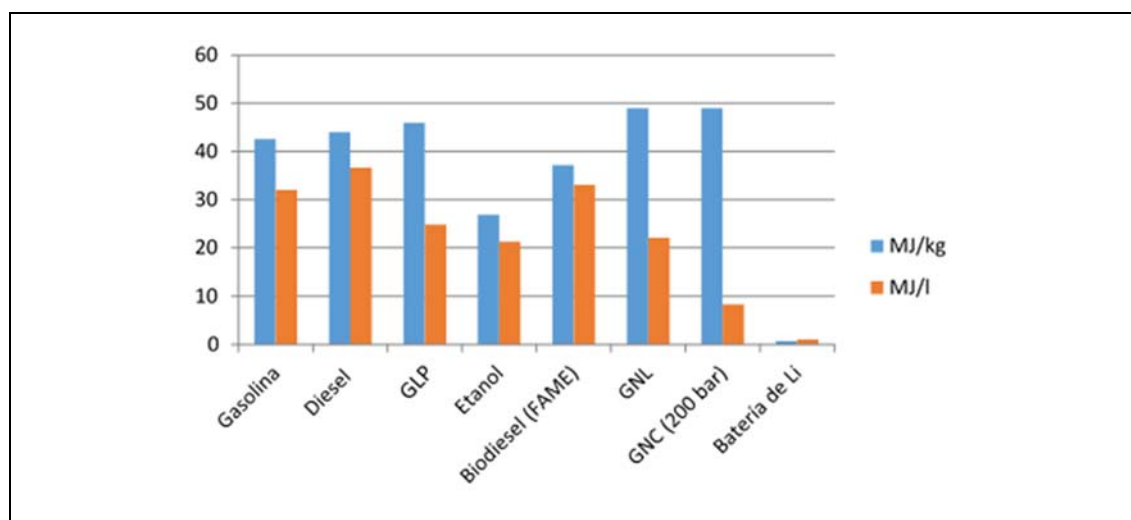
Nota: PBV es “peso bruto del vehículo” y MGO es “*marine gas oil*”. La categoría M se refiere a los vehículos de pasajeros y la N a los de mercancías, cada uno numerados según la subcategoría y la descripción de la tabla.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con ello, el usuario decidirá el empleo del combustible alternativo según los criterios siguientes: a) precios relativos respecto a los productos petrolíferos de referencia; b) seguridad en la distribución y utilización; c) disponibilidad de combustible en cualquier zona geográfica; d) disponibilidad y precios de los vehículos de combustibles alternativos o con capacidad para su utilización; e) regulaciones medioambientales y medidas de apoyo político; y e) satisfacción del rango de autonomía necesario.

La densidad energética es importante para determinar la autonomía del vehículo o del medio de transporte (ver gráfico siguiente). La densidad energética constituye también la base de las aplicaciones en los distintos segmentos de transporte.

GRÁFICO 13. Densidad energética de combustibles de referencia y alternativos (la electricidad se expresa en función del peso/volumen de la batería)



Nota: No se incluye el peso de los tanques en el caso de los combustibles líquidos y el GNC.

Fuente: elaboración propia a partir de (Álvarez y Menéndez, 2017) y (Deng, 2016).

Aunque la eficiencia del vehículo eléctrico es entre 2-3 veces mayor que las de los vehículos con motor de combustión interna, la gran diferencia de densidad energética entre ambos tipos de vehículos hace que la autonomía de los vehículos eléctricos sea mucho menor. La forma que conseguir aumentar la autonomía del vehículo eléctrico es, mejorando la densidad de la batería, o bien aportando al vehículo capacidad de generación eléctrica mediante un motor de explosión (vehículo eléctrico de autonomía extendida), o mediante la recarga dinámica sin cables, (esta última se tratará más adelante).

Una vez pasada revista a los enfoques en la Unión Europea, se tratará en el siguiente apartado de profundizar en el tema de la movilidad sostenible.

3. ENFOQUES PARA LA MOVILIDAD SOSTENIBLE

En los últimos años se ha desarrollado un creciente interés en la sostenibilidad, y en la economía sostenible, como no podía ser de otra manera dada su importancia social, económica y medioambiental, en el transporte sostenible. Tal es así que el transporte sostenible ha sido objeto de numerosos estudios, artículos y otras publicaciones y muchos gobiernos e instituciones han adoptado medidas e iniciado el desarrollo con la aplicación de planes sostenibilidad.

No existe una definición única para movilidad sostenible; se han propuesto muchas, desde la más ampliamente aceptada: “satisface las necesidades de movilidad del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”, hasta las que se basan en especificar las condiciones requeridas para considerar el transporte sostenible. No es objeto de este trabajo el proporcionar una definición ni describir algunas de las ya propuestas, pero si lo es tratar de analizar el marco sobre el que se asienta, que a su vez se soporta en tres pilares constituidos por elementos sociales, económicos y medioambientales.

Es cierto que hasta el momento se ha dado mayor importancia a aspectos económicos, como el crecimiento, y sólo cuando se ha llegado a percibir el impacto negativo en los aspectos sociales y medioambientales, se ha tratado de orientar el crecimiento hacia la consecución del equilibrio entre los tres pilares; es decir, hacia la satisfacción de la demanda a precios asequibles, con disponibilidad de acceso al ciudadano, y con bajo consumo de recursos energéticos y materiales.

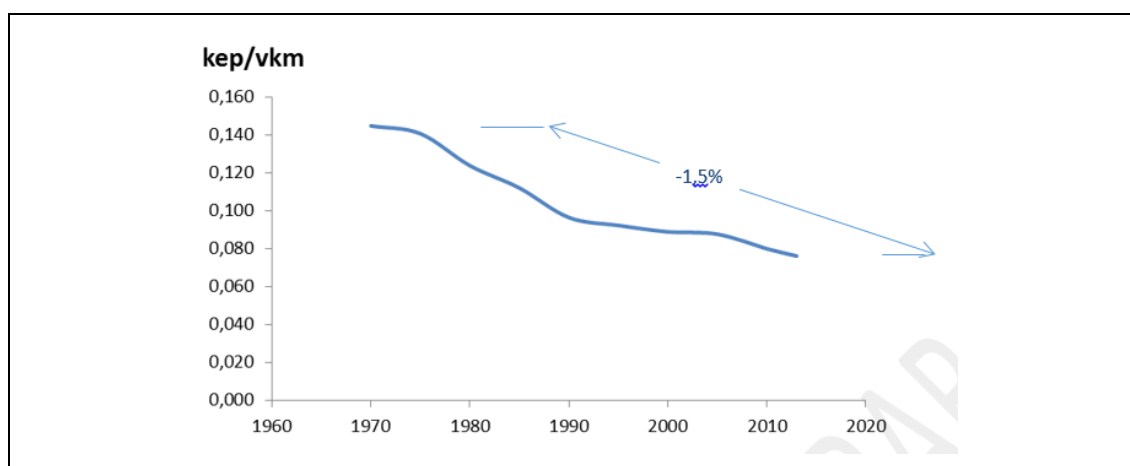
Analizar las interrelaciones y los objetivos, a veces contrapuestos, entre los tres pilares para la búsqueda de un equilibrio, no resulta sencillo. Para simplificar y hacer entendible el proceso, se analizarán las medidas puestas en práctica o aquellas que serían necesario impulsar para la consecución de este equilibrio. En dichas medidas se pueden distinguir en tres grandes grupos: la gestión de la eficiencia, la gestión de la demanda y la gestión del impacto.

3.1. Gestión de la eficiencia

Se incluyen en este grupo las acciones y medidas destinadas a mejorar la eficiencia energética, entendida como la reducción del consumo de energía por unidad de desplazamiento (energía/pas-km). La eficiencia dependerá, por tanto, de la eficiencia del propio vehículo de transporte, de su nivel de ocupación, del nivel de tráfico y de la propia infraestructura de circulación.

Vehículos

Reducir el consumo de combustible mediante el aumento de la eficiencia mecánica de los vehículos ha sido y es uno de los objetivos principales de desarrollo de la industria del automóvil, resultando en la reducción media del 1,5% anual de la energía consumida por kilómetro por los vehículos en los últimos 40 años (ver gráfico siguiente).

GRÁFICO 14. Evolución de la intensidad energética de los vehículos de pasajeros

Nota: “vkm” es “vehículo-kilómetro”.

Fuente: elaboración propia a partir de (Davis et al., 2015).

En los últimos años, nueve países que en conjunto suman el 75% del consumo mundial de combustibles en vehículos ligeros (coches de pasajeros), han adoptado estándares de reducción de consumo de combustibles, de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) o de ambos. Los límites especificados varían de unos países a otros: la UE e India establecen límites de emisión para GEI (e indirectamente de consumo de combustible); Estados Unidos y México establecen estándares de consumo así como de emisión de GEI y los fabricantes tienen que cumplir ambos; Brasil y Japón establecen estándares de consumo y Corea del Sur establece estándares de emisión y de consumo, estando los fabricantes obligados a cumplir uno de los dos (ver tabla siguiente).

TABLA 2. Regulaciones de impulso a la eficiencia y/o reducción de emisiones

País o región	Año objetivo	Tipo de estándar	Medida	Estructura	Flota objetivo	Ciclo de prueba
California	2016	Economía del combustible/ GEI	34,1 mpg o 250 GCO ₂ /mi	Basado en huella de carbono	Coches/ camiones ligeros	U.S. combined
Estados Unidos	2025	Economía del combustible/ GEI	49,6 mpg o 163 gCO ₂ /mi	Basado en huella de carbono	Coches/ camiones ligeros	U.S. combined
Canadá	2016	GEI	153 (141) gCO ₂ /km	Basado en huella de carbono	Coches/ camiones ligeros	U.S. combined
Unión Europea	2015 2020	CO ₂	130 gCO ₂ /km 95 gCO ₂ /km	Basado en peso	Coches/ SUVs	NEDC
Australia	2010	CO ₂	222 gCO ₂ /km	Media de la flota	Coches/SUVs/vehículos comerciales ligeros	NEDC
Japón	2015 2020	Economía del combustible	16,8 km/l 20,3 km/l	Basado en peso	Coches	JC08
China	2015	Consumo de combustible	7l/100km	Basado en peso	Coches/SUVs	NEDC
Corea del Sur	2015	Economía del combustible/ GEI	17 km/l o 140 gCO ₂ /km	Basado en peso	Coches/SUVs	U.S. combined

Fuente: elaboración propia a partir de (ICCT, 2011).

Como se verá más adelante, en los últimos años los avances en las tecnologías de instrumentación (sensores), en tecnologías de comunicación e información, y los algoritmos de control de tipo adaptativo/predictivo han permitido la automatización del proceso de operación de los vehículos, haciendo que operen en el óptimo energético. Todo ello, unido a tecnologías de posicionamiento y mapeo, ha hecho posible el desarrollo de vehículos experimentales que han sido capaces de recorrer grandes distancias en situaciones distintas sin necesidad de que el conductor opere el vehículo. Los ensayos realizados han llevado a presentar la automatización de la conducción como una realidad próxima, y a la especulación de que la automatización introducirá grandes cambios en el sistema de transporte en consumos, y aportará mejoras en la seguridad, reducción de la congestión y nuevos servicios y modelos de negocio.

No es intención introducir aquí una descripción exhaustiva de la automatización, sino informar sobre su importancia en la mejora de eficiencia de operación de los vehículos y en la reducción de sus emisiones. Se puede ver una perspectiva, de la automatización en mayor detalle en el último apartado de este capítulo.

Nivel de ocupación

Un aspecto importante para la eficiencia en la movilidad es el nivel de ocupación por vehículo; bajos niveles de ocupación aumentan el consumo energético por pasajero de forma significativa (ver tabla siguiente). En España el nivel de ocupación medio de los vehículos oscila alrededor de 1,7 y 22 pasajeros/vehículo para el vehículo privado y para los autobuses, respectivamente (Ministerio de Fomento, 2015a). En los desplazamientos largos (interprovinciales) los niveles medios de ocupación son más altos que los niveles anteriores, mientras que en el desplazamiento urbano los niveles de ocupación bajan significativamente: 1,2 pasajeros/vehículo para el vehículo privado (Gobierno Vasco, 2012) y 8,0 (15%) para el autobús urbano (Ministerio de Fomento, 2015b).

TABLA 3. Variación del consumo medio por vehículo según nivel de ocupación de varios medios de transporte en España (MJ/pas-km)

	Ocupación 50%	Ocupación media (2013)
Coche(*)	1,15	1,38 (1,99)(**)
Autobús urbano(***)	0,54	1,54
Metro (***)	0,13	0,53

Nota: (*) Datos medios del ciclo de prueba según la edad del parque en 2013. (**) Datos reales de consumo en 2013. (***) Consumo medio en España en 2013. Incluye la totalidad de los consumos energéticos no sólo el desplazamiento del autobús

Fuente: elaboración propia a partir de (Ministerio de Fomento, 2015a).

Nivel de tráfico

El aumento del número de vehículos en la red viaria tiene como consecuencia obligar a cambios de velocidad, frenadas, paros en los cruces y en los semáforos,

congestiones, etc., aumenta el consumo del vehículo, especialmente en ciudad en donde ocurre el mayor número de desplazamientos diarios, y lo hace más dependiente del tipo de conducción del conductor. Todo ello puede llegar a suponer aumentos de consumo de hasta un 40%.

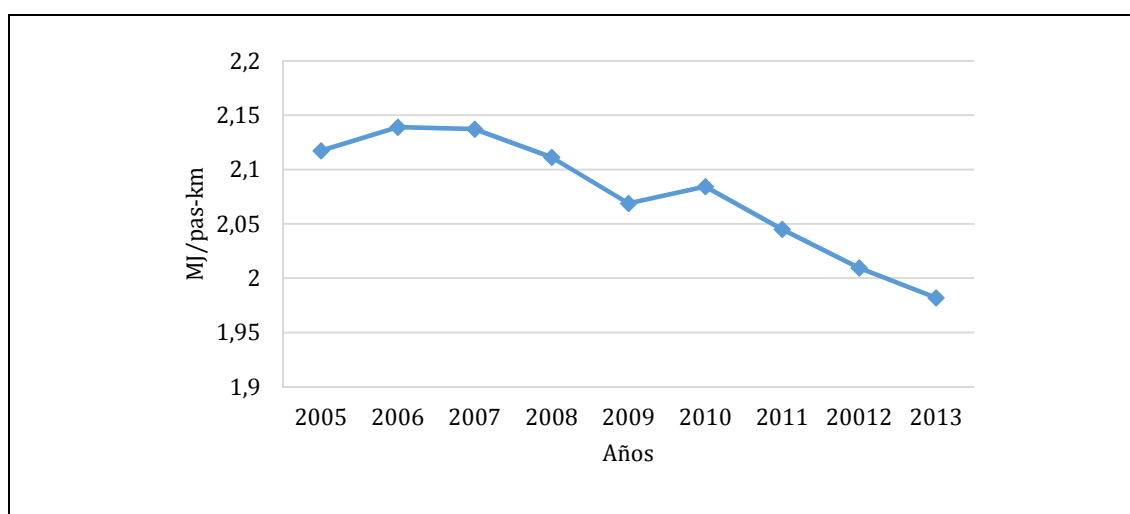
La utilización de las tecnologías de la información para la detección e información a los conductores de zonas congestionadas, así como el control de los semáforos en función del flujo de vehículos, contribuye a mejorar la eficiencia global.

En general, los vehículos actuales ya están dotados de elementos de conectividad y en un próximo futuro podrán interactuar entre sí y con la infraestructura de la carretera. Este es el objetivo de la Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS), promovida por la UE (COM, 2016b), que permitirá a los conductores y gestores del tráfico compartir y usar información y coordinar sus acciones. Se espera que estas acciones, facilitadas por las tecnologías digitales de información y comunicación (TICs), al permitir a los conductores tomar decisiones en función de la situación del tráfico, mejoren significativamente la eficiencia energética, así como la seguridad en las carreteras, en particular en áreas urbanas en las actualmente se encuentran las mayores zonas de congestión.

La infraestructura de transporte

La estructura de la red, las curvas, pendientes, condiciones de la capa de rodadura, incluso el estado de los propios vehículos: ajuste del motor, nivel de inflado de los neumáticos, tipo de neumáticos, carga del vehículo etc. contribuye a aumentar el consumo sobre los niveles del ciclo de prueba. El gráfico siguiente muestra el consumo medio del coche en España y su evolución desde el año 2005. Como se puede ver, el consumo medio por pas-km resulta ser entre un 40% y un 50%⁶ superior al consumo medio resultante del ciclo de prueba medio del parque de vehículos en 2013 (1,38 MJ/pas-km).

⁶ Esta consideración tiene en cuenta la operación real del vehículo bajo condiciones de carga, que exista pendiente de la vía, que haya congestión de tráfico o el estado del vehículo. Los valores están obtenidos a partir de estadísticas de 2013 e incluyendo estas circunstancias. Cabe mencionar el estudio de la Agencia Europea de Medioambiente (EEA, 2016) que solo considera el consumo real del vehículo frente al de las condiciones del ciclo de prueba, lo que arroja un incremento del 30% en condiciones reales. Este último es el valor empleado en el estudio de Álvarez y Menéndez (2017).

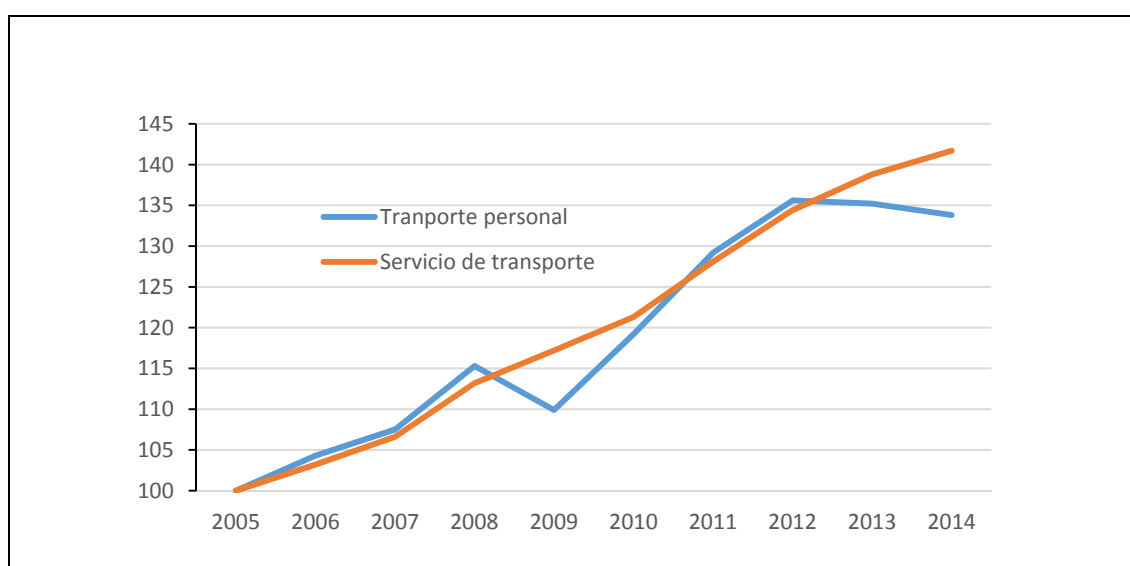
GRÁFICO 15. Evolución del consumo del automóvil en España en MJ/pas-km

Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2015) y (Ministerio de Fomento, 2015a).

3.2. Gestión de la demanda

Como se puede ver en la tabla 3, el consumo por pas-km del autobús urbano con los niveles de ocupación actuales, próximos al 15% de media, resulta estar muy próximo al del coche; por tanto, es importante aumentar la demanda del transporte público para aumentar su nivel de ocupación y mejorar la eficiencia global.

Aumentar la demanda del transporte público requiere la adopción de medidas para hacerlo más atractivo en coste respecto al transporte personal. En los últimos años, sin embargo, la evolución ha sido la contraria; los costes relativos del transporte público, han aumentado respecto a los del transporte por medios personales (ver gráfico siguiente).

GRÁFICO 16. Variación de los costes relativos a 2005 para el transporte personal y el público

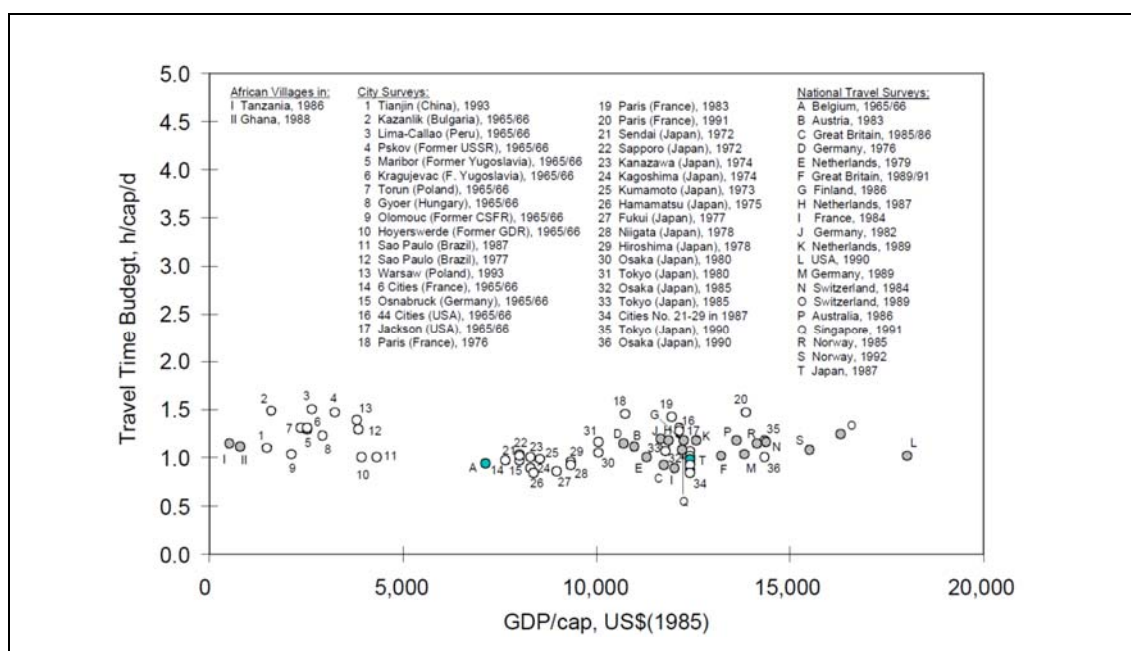
Fuente: elaboración propia a partir de (Comisión Europea, 2015).

En lo que respecta al tráfico urbano es importante que el transporte público sea capaz de satisfacer la demanda dentro del rango de tiempo que las personas emplean diariamente para desplazarse: entre algo menos de una hora y hora y media (ver gráfico siguiente).

Elementos tales como la utilización de tecnologías de información para que los usuarios puedan acceder a los horarios y situación de los autobuses, la construcción de intercambiadores para el transporte intermodal, la emisión de billetes únicos, etc. favorecerán el uso del transporte público y, por tanto, la eficiencia global.

Igualmente, acciones que impulsen el nivel de ocupación de los vehículos privados, contribuyen a reducir el tráfico de vehículos, reduciendo el consumo de combustible y las emisiones. En este sentido, la utilización de las ventajas que ofrecen las nuevas tecnologías TIC para compartir vehículo, compartir trabajo y comunicarse sin desplazarse (tele-trabajo), control de acceso a vías especiales para vehículos de alta ocupación, *carsharing* en los desplazamientos en el área urbana con vehículos de baja potencia, etc. contribuyen a facilitar la movilidad a un menor coste energético e impacto ambiental.

GRÁFICO 17. Tiempo medio empleado en el transporte en función de la renta per cápita



Nota: "h/cap/d" se refiere a "horas/persona/día", siendo "cap" "per cápita".

Fuente: (Schäfer y Victor, 2000).

3.3. Gestión del impacto

La eficiencia energética es el elemento más importante de los que soportan la movilidad sostenible, ya que contribuye de forma directa a la reducción del impacto social y al ambiental. Otras acciones y medidas contribuyen también a la sostenibilidad y es necesario tenerlas en cuenta en la evaluación de la misma. El objetivo director de ellas es reducir, por un lado, el impacto en la calidad del aire

por las emisiones en el escape de los vehículos, que afectan a la salud de los ciudadanos y , por otro, las emisiones de gases de efecto invernadero con efecto en el cambio climático. Además de las medidas que implican acciones de carácter técnico, que desarrollaremos aquí, medidas políticas tales como promover el transporte público o el uso de combustibles alternativos más limpios pueden contribuir a mitigar ambos impactos.

Calidad del aire

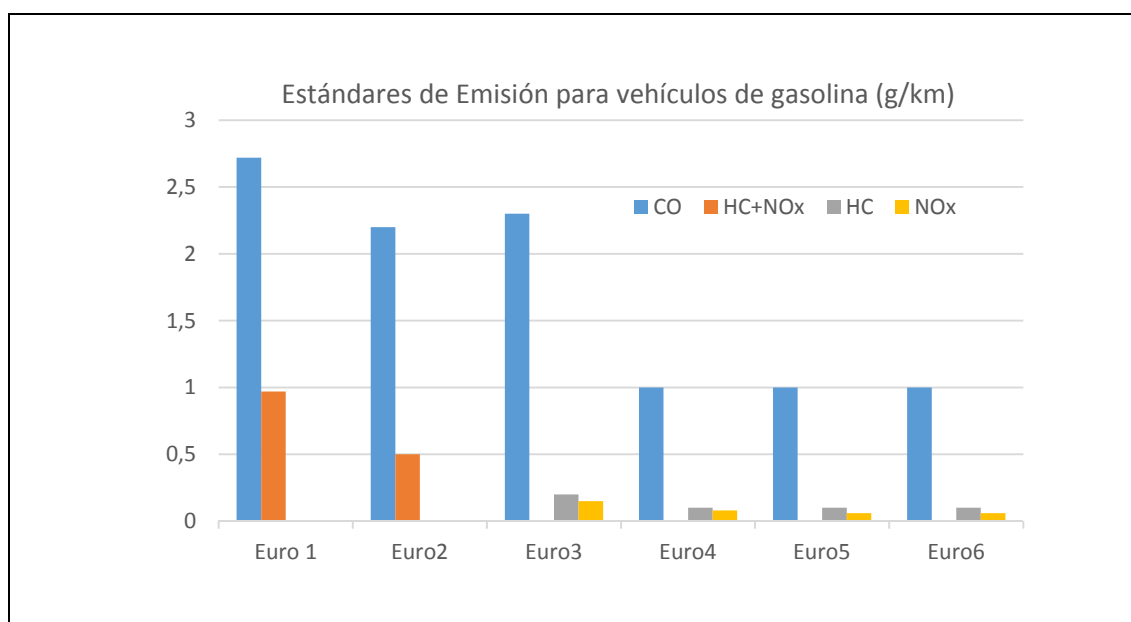
Esta sección tratará solo de las acciones y medidas de carácter técnico destinadas a reducir el impacto ambiental, aunque su implantación signifique aumento del consumo energético.

Reducir el impacto en la calidad del aire ha concentrado el mayor esfuerzo de las industrias del automóvil y de los suministradores de combustibles. En primer lugar, se abordó la eliminación del plomo en las gasolinas y el azufre en los combustibles, durante la década de los noventa, con objeto reducir/eliminar metales y emisiones de SO₂ al aire y reducir la exposición de los ciudadanos a las mismas y la acidificación del suelo producida por la lluvia ácida. Actualmente los combustibles utilizados en carretera están exentos de azufre. Más compleja, aunque no de menos importancia, es la reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas (PM), en particular las emitidas por los motores diésel.

Los países con mayor consumo de combustibles han adoptado estándares de emisión de contaminantes en el escape de los automóviles en base a distintos ciclos de prueba, tales como: NEDC en Europa, FTP (Federal Test Procedure) en Estados Unidos o JC08 en Japón. Todos ellos establecen límites de emisión para los principales contaminantes: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas (PM).

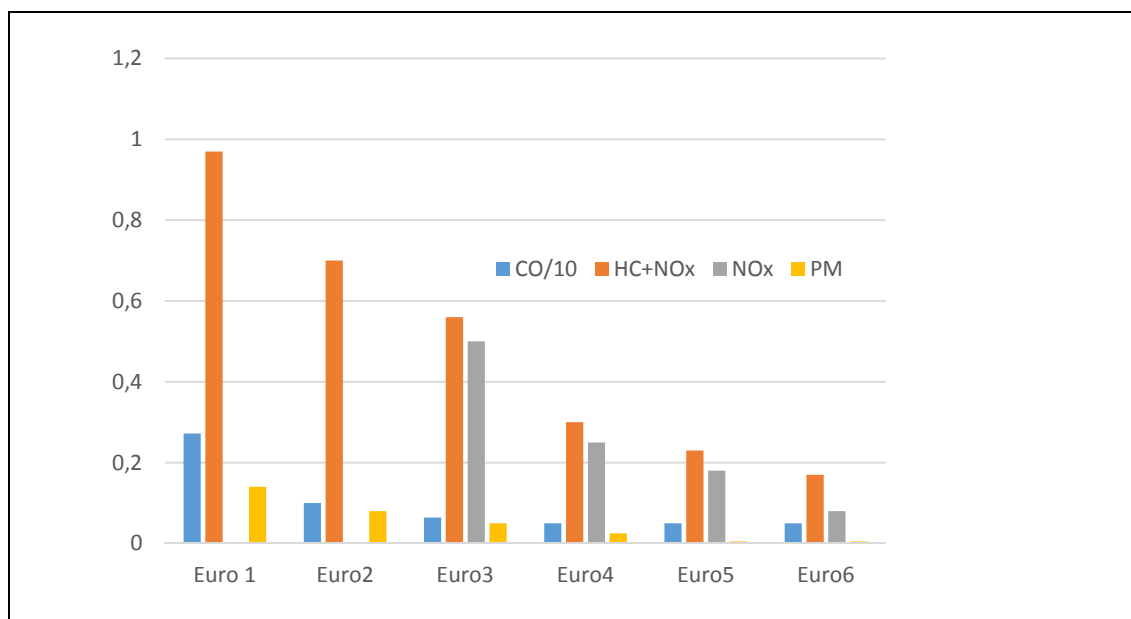
En la UE los estándares de emisión se conocen como estándares Euro que se han ido aplicando de forma sucesiva, desde el Euro1 en 1993 hasta el Euro 6, en septiembre de 2015, para los vehículos nuevos puestos en el mercado. La evolución de los valores límite de emisión se pueden ver en los dos gráficos que siguen para los vehículos de gasolina y diésel, respectivamente.

GRÁFICO 18. Evolución de los estándares de emisión de la UE para vehículos de gasolina



Fuente: elaboración propia.

GRÁFICO 19. Evolución de los estándares de emisión de la UE para vehículos diésel



Nota: CO/10 es la concentración dividida por diez.

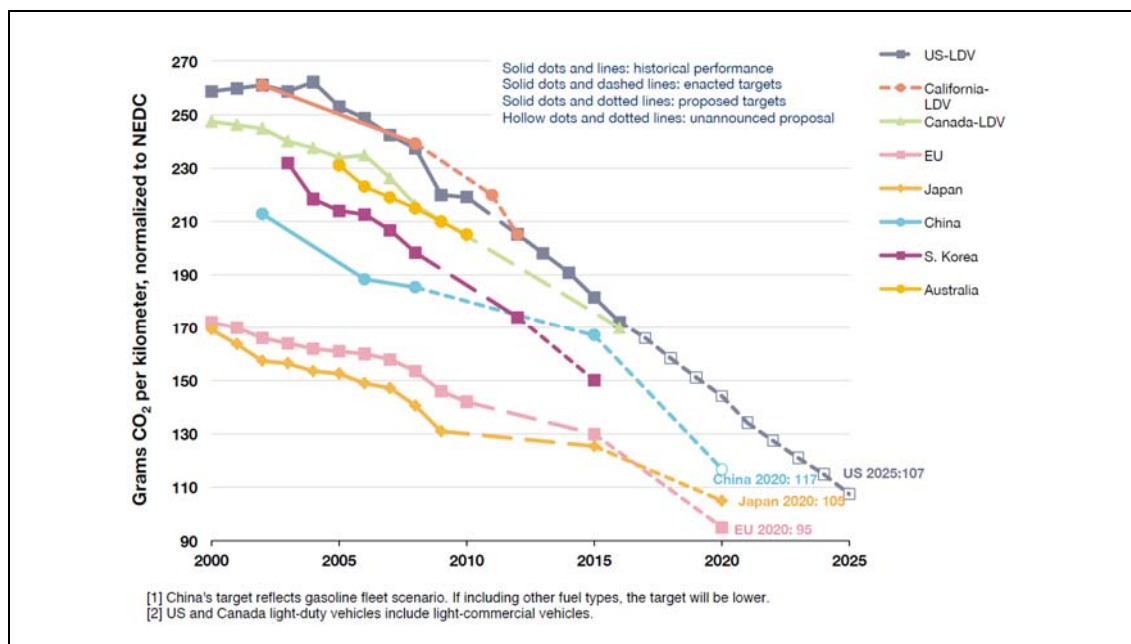
Fuente: elaboración propia.

Como ya se mencionó, un nuevo ciclo de prueba, el ciclo WLTP (*World Harmonized Light Vehicles Test Procedure*) está siendo desarrollado por UNECE (*United Nations Economic Commission for Europe*), cuando esté finalizado reemplazara al test NEDC para la certificación de los nuevos vehículos (ICCT, 2014).

Cambio climático

En el apartado 3.1 se trató la eficiencia de los vehículos y se analizaron acciones y medidas para el impulso de la misma; teniendo en cuenta que el 96% de la energía está proporcionada por combustibles fósiles, todas conducen a la reducción de las emisiones de CO₂ (ver gráfico siguiente). Se consideran aquí, pues, las medidas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, no directamente relacionadas con la eficiencia, pero si dependientes del diseño del vehículo (nuevos materiales para la reducción del peso, reducción del tamaño del motor (downsizing)), de la formulación de los combustibles, de nuevas especificaciones para los neumáticos, aplicación de electrónica de control, aumento de la electrificación etc. cuya implantación está reduciendo de forma significativa las emisiones medias de CO₂ por vehículo y continuarán haciéndolo en los próximos años (ver gráfico siguiente).

GRÁFICO 20. Evolución de las emisiones de CO₂ en vehículos ligeros y proyecciones futuras



Fuente: (ICCT, 2011).

Con la aprobación del Protocolo de Kioto, cuyo cumplimiento suponía para las economías desarrolladas tomar acciones para alcanzar, en 2012, una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en conjunto un 5% respecto a las de 1990, muchos países desarrollaron medidas para la reducción de emisiones en los distintos sectores económicos, en particular en el sector energético.

En lo que respecta al transporte, las medidas tomadas en el sector energético implican la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero en la producción de combustibles líquidos mediante acciones para la reducción de las emisiones a antorcha en la producción de crudo, la reducción de emisiones en el refino y aumento de la eficiencia en el transporte de crudo y de productos destilados.

Un segundo tipo de medidas están destinadas a reducir las emisiones de GEI en el consumo mediante el impulso en la utilización de combustibles renovables líquidos y gaseosos (biocombustibles y biogás), con balance positivo neto en reducción de emisiones de al menos un 50%, en particular en los de segunda generación que, al estar producidos a partir de residuos, no compiten con la producción de alimentos y presentan en general mejores balances de reducción de emisiones de GEI. Por otro lado, impulsar la generación de biogás y su uso en vehículos a gas no sólo contribuye a reducir las emisiones específicas en el transporte, sino que también se evita la emisión al ambiente de metano, cuyo poder de calentamiento es muy superior al del CO₂.

Finalmente, un tercer grupo lo constituyen las medidas destinadas a promover la electrificación del transporte, dado que la generación eléctrica permite la utilización de la energía renovable. Se incluyen en este grupo todas las medidas destinadas a promover el desarrollo y utilización del vehículo personaleléctrico o el transporte público impulsado por energía eléctrica: metro, tren, etc.

3.4. Automatización del transporte. Posibilidades de reducción del consumo energético

En este apartado se analizarán los recientes avances y cambios en la tecnología de conducción autónoma de los vehículos, evaluando primero los aspectos básicos y ventajas potenciales de esta incipiente tecnología para abordar a continuación dos cuestiones de relevancia que van ligadas a la automatización: por un lado la ciberseguridad, de cara a proteger los sistemas de transporte interconectados, y por otro la posibilidad de implantar la transferencia inalámbrica de electricidad a los vehículos eléctricos.

Introducción al transporte automatizado

En los últimos años los avances tecnológicos en sensorización, la aplicación de sofisticados algoritmos de control, aprendizaje y de posicionamiento han permitido realizar los ensayos de operación del vehículo en distintos ambientes y largas distancias sin intervención humana o con intervención mínima. Características, que aplicadas a la mejora de la seguridad de la conducción, han hecho albergar expectativas en cuanto a cambios drásticos en el sistema de transporte.

El Departamento de Transporte de los Estados Unidos define los vehículos automáticos como aquellos en los que algunas de las funciones críticas de control y seguridad se realizan sin la intervención del conductor. Los vehículos autónomos son un subgrupo de vehículos automáticos que poseen la función de autoconducción. El término “vehículos automáticos conectados” (VAC) se refiere a vehículos con funciones avanzadas de información y comunicación. El término conectados se refiere a la capacidad de los vehículos de comunicarse con otros vehículos (V2V) o con la infraestructura (V2I).

La National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) de Estados Unidos define cinco niveles de automatización del vehículo, desde el nivel (0) sin ninguna característica de automatización hasta el nivel (4), automatización total sin necesidad de intervención del conductor. Los niveles 1 y 2 definen capacidades limitadas de automatización, incluyendo el mantenimiento de la línea de circulación, el control de velocidad, los sistemas de evitación de colisión, bien de forma aislada (nivel 1) o en conjunto (nivel 2). El nivel 3 de automatización permite al conductor la cesión del control de los elementos críticos de seguridad, bajo ciertas condiciones, pero esperando que el conductor recupere el control, previo aviso de atención.

La Society for Automotive Engineers (SAE) ha ampliado la clasificación hasta un nivel 5, automatización completa bajo cualquier condición y sin elementos de control para el conductor (SAE, 2014).

Vehículos con automatización hasta el nivel 3 son ya una realidad del mercado, y al margen de la continuidad en el desarrollo de estas tecnologías y de la necesidad de introducir cambios legislativos y regulatorios apropiados, se considera que la comercialización del vehículo completamente automático es factible y es ya una realidad (Anderson et al., 2014).

Google es líder en el desarrollo del vehículo completamente automático y ha lanzado al mercado un vehículo automático bajo la marca Waymo. Otros fabricantes como Tesla, General Motors y Ford han anunciado la puesta en el mercado de automóviles automáticos en el periodo de 2017 al 2021.

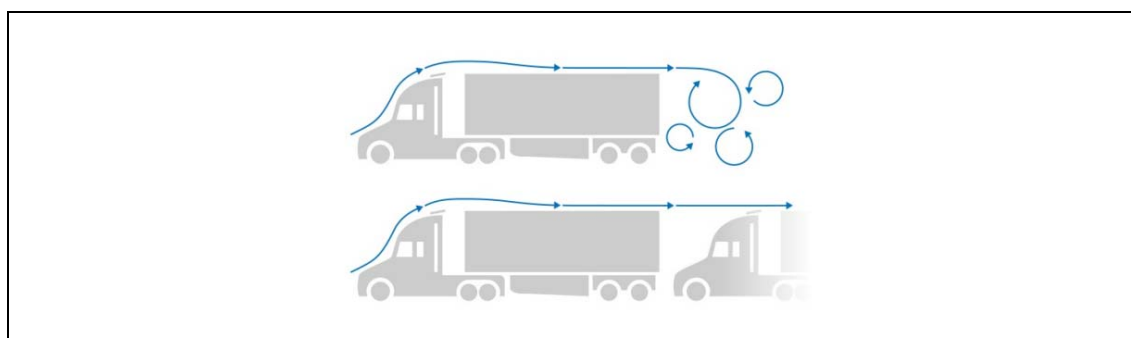
El beneficio más generalmente aceptado que aporta la automatización de los vehículos es el aumento de la seguridad, y muchos fabricantes la han introducido con este objetivo. Otros beneficios pueden derivarse de la introducción del vehículo automático conectado (VAC), tales como la mejora de la gestión del tráfico, el de facilitar transporte a personas sin capacidad de conducir, e incluso la mejora de la eficiencia energética. A este respecto, los VAC ofrecen un gran número de posibilidades a desarrollar, algunas beneficiosas para la reducción del consumo energético, si bien otras pueden operar en sentido contrario. La reducción del consumo energético es todavía cuestionable y requiere más estudio, sobre todo a partir de la introducción práctica y comercial de estos vehículos, según los cambios en los sistemas y usos de transporte que se deriven de la misma (Wadud et al., 2016).

Por otro lado, la simbiosis entre el VAC y las estaciones de recarga para vehículos eléctricos (BEV o PHEV) puede facilitar el desarrollo del vehículo eléctrico y, por tanto, la reducción del consumo de combustibles fósiles; a ello puede contribuir el desarrollo de los sistemas de transmisión inalámbrica de potencia (WPT: wireless power transmission), actualmente en desarrollo. La transmisión inalámbrica dinámica de carga (DWPT) puede favorecer la reducción del consumo energético en el transporte público mediante la electrificación de autobuses urbanos que realicen recorridos fijos con gran número de paradas, de manera que se optimice la

realización de éstas y la recarga durante las mismas, lo que reduce la necesidad del volumen de las baterías necesarias en los mismos.

El transporte de mercancías puede igualmente beneficiarse de la automatización de los vehículos; el *platooning*⁷ (rodadura de un vehículo dentro del vacío proporcionado por el que le precede, ver figura siguiente) se ha demostrado que puede reducir el consumo de combustible entre un 5 y un 10% (Lammert et al., 2014). Igualmente puede contribuir a la optimización de recorridos y a la mejora de los sistemas de distribución.

FIGURA 1. Efecto del agrupamiento de vehículos en la resistencia aerodinámica



Fuente: (Gonder et al., 2016).

En relación al transporte automatizado en líneas de autobuses urbanos, existe una plataforma piloto de ámbito europeo, llamada CityMobil2, que está financiada por el séptimo Programa Marco de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación de la Unión Europea (7PM) y que ha realizado pruebas con líneas automatizadas de pequeños autobuses en distintas ciudades europeas, como demostración y para el análisis de experiencias de este sistema,

En cualquier caso, el desarrollo de los VAC depende de adaptación de la legislación sobre permisos y estándares de seguridad, certificaciones y licencias para la operación de los vehículos, así como la adaptación de las pólizas de seguro a la utilización de los nuevos vehículos. A este respecto, los Ministros de Transporte de los 28 Estados Miembros han adoptado la Declaración de Ámsterdam (The Netherlands EU Presidency, 2016) con el objeto de desarrollar un marco Europeo coherente para el despliegue de la conducción automática y de los VAC para el año 2019 (Declaration of Amsterdam, 2016). La industria, por otro lado, ha indicado su intención de introducir vehículos dotados de sistemas inteligentes (*intelligent transport systems*) en 2019 (Car2Car, 2015). Por otro lado, ISO tiene establecido dentro del TC22 (vehículos de carretera) el subcomité 31 para estandarización de sistemas de comunicación.

⁷ El platooning es un concepto en inglés que se puede traducir como “agrupación en pelotón”.

Ciberseguridad

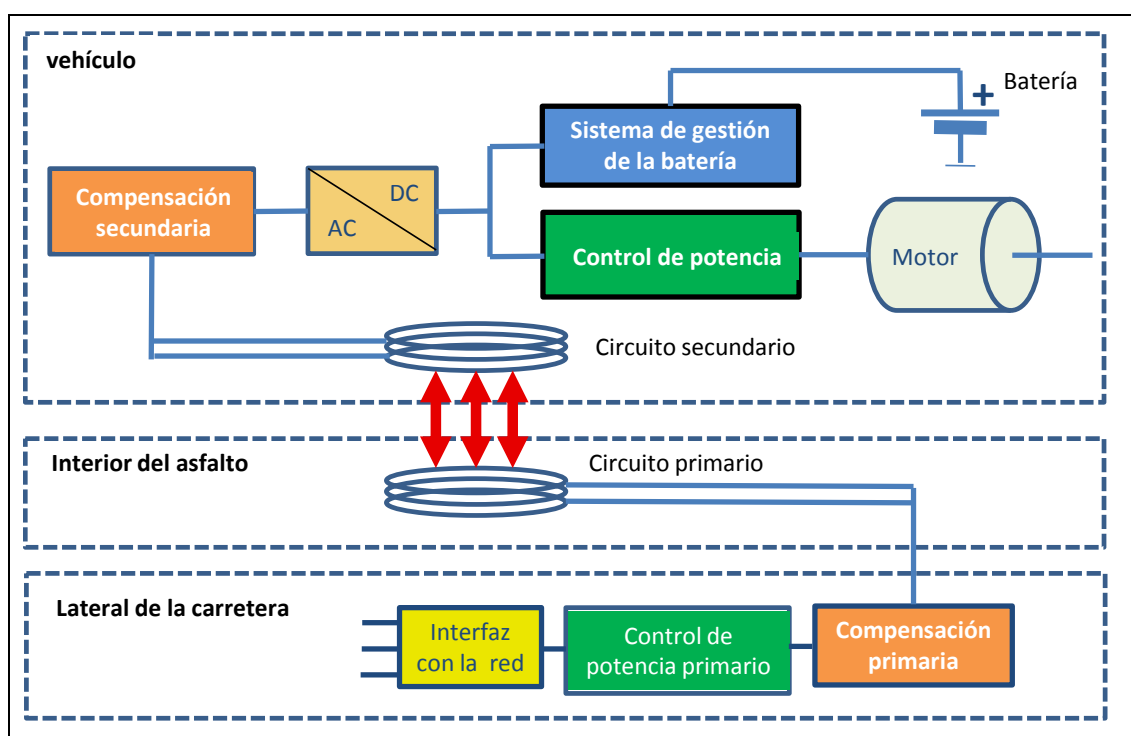
Un aspecto a destacar de los VAC es su vulnerabilidad a ciber-ataques que puedan afectar al funcionamiento del software de los sistemas relacionados con la seguridad de los vehículos tales como: propulsión, frenado y dirección, que pueden poner en riesgo el vehículo y sus ocupantes, así como la seguridad de la información. Es preciso, por tanto, la aplicación de procesos de ciberseguridad a sistemas que gestionan la seguridad de los vehículos (*Automotive Safety Integrity Level*). A este respecto, SAE International ha desarrollado la recomendación J3061 que establece los principios básicos para la ciberseguridad relacionada con los sistemas ciberfísicos utilizados en la industria del automóvil (SAE, 2017) y (Forest, 2016). Esta guía ha servido de base para la elaboración por NHTSA de Estados Unidos de la guía de las mejores prácticas en ciberseguridad para los vehículos modernos (NHTSA, 2016).

En la UE, ENISA (European Agency for Network and Information Security) ha creado el grupo experto CarSEC (Cars and Road Security) para intercambiar experiencias y analizar riesgos, retos y soluciones que afectan a la seguridad de los vehículos inteligentes (VAC) (ENISA 2017). El grupo experto se focalizará en asegurar la seguridad (*security*) de los sistemas integrados del interior del vehículo, así como de las comunicaciones de éste con el exterior con impacto en la seguridad (*safety*) de las personas y del propio vehículo.

Transferencia inalámbrica de carga

En todos los vehículos eléctricos actualmente en el mercado, el vehículo usa un sistema de transferencia de carga para cargar la batería del vehículo y así disponer de energía suficiente para el motor eléctrico. El sistema típico son los cargadores eléctricos enchufables, situados en el interior vehículo, que cargan la batería a distintos niveles de potencia (generalmente entre 3 y 120 kW) mientras que el vehículo permanece estacionario y apagado. Es igualmente posible utilizar sistemas de carga inalámbricos por inducción electromagnética cuando el vehículo está estacionario. Estos sistemas son apropiados para la carga del vehículo “en casa”, ya que requieren que el vehículo esté estacionario sobre un punto apropiado, por lo que el sistema no ofrece posibilidad de carga con el vehículo en movimiento.

En el año 2007, sin embargo, un grupo de ingenieros del MIT desarrolló un sistema de transferencia de carga mediante resonadores magnéticos: la transferencia inalámbrica de energía “altamente resonante” o HR-WPT (Highly Resonant-Wireless Power Transfer) (WiTricity, 2017), permite la transferencia de carga a distancias medias, hasta dos metros, con menor acoplamiento y mayor libertad de posición. Este sistema hace posible la transferencia inalámbrica de carga con el vehículo en movimiento (transferencia dinámica inalámbrica de carga, DWPT), abriendo la posibilidad de su utilización en vehículos a través de resonadores transmisores situados debajo del asfalto en ciertas zonas por las que pasa el vehículo (ver figura siguiente).

FIGURA 2. Implantación de un sistema de transferencia dinámica de carga

Fuente: (Highways England, 2015).

No existe actualmente sistemas de transferencia dinámica inalámbrica de carga para vehículos en el mercado, aunque algunos se encuentran en un nivel de desarrollo avanzado, y se están realizando pruebas piloto en varios países (ver tabla siguiente). El sistema ofrece grandes posibilidades para la recarga de vehículos eléctricos en movimiento, en particular para vehículos con recorridos fijos, en los que se haya realizado la instalación de la infraestructura de carga y el vehículo este equipado con los receptores y los elementos necesarios para su acoplamiento con la misma. De esta manera los vehículos eléctricos de batería (BEV) podrían utilizar baterías de menor capacidad y peso y los híbridos enchufables podrían aumentar su autonomía en operación eléctrica mediante el paso por zonas equipadas con los elementos de carga.

TABLA 4. Sistemas de transferencia inalámbrica de carga estacionarios y dinámicos en el mercado o en desarrollo⁸ (parte 1 de 3)

Organización	Descripción
Energy Dynamics Lab (Univ. de Utah)	Realiza actualmente I+D+i. La USU (Utah State University) ha conseguido la primera demostración de carga inalámbrica de alta eficiencia y capacidad de transferencia, con capacidad para la carga de un vehículo eléctrico en 2011; demostró la viabilidad de transferir 5 kW con un 90% de eficiencia a una distancia de 10 pulgadas. El equipo de la USU, conjuntamente con la Utah Science Technology and Research Initiative del Advanced Transportation Institute, desarrollo un prototipo que se probó, en 2012, en un autobús con capacidad 16 pasajeros. La tecnología desarrollada esta licenciada a Wave, una <i>spin-off</i> de la Universidad, que conjuntamente con la Utah Transit Authority lanzaron en 2013 el primer sistema de demostración de 50 kW en un vehículo de 40 pies que operó en la Universidad. Este sistema está puesto en operación utilizado en varias unidades de transporte público en distintas localidades del estado de California.
EVATRAN	EVATRAN ha desarrollado un sistema de carga inalámbrica de carga inductiva, para carga rápida estacionaria y lo comercializa conjuntamente con Bosch. Consiste en un adaptador para cada tipo de vehículo que se coloca en la parte inferior, un panel de control que suministra potencia a una plataforma situada en el suelo del garaje. Incluye un sistema de guía para el conductor, así como información del estado de carga de la batería.
Fraunhofer Institute	Sistema de carga para vehículos que alcanza eficiencias de transferencia de 93 al 95 %, en todo el rango de potencia desde 400W hasta 3,6 kW, y distancias de hasta 20 centímetros.
InovaLab	Spin-off de la U. de Padua, absorbida por el grupo SAET que actualmente forma parte del Park OHIO Group, participa en el programa FABRIC (Feasibility analysis and development of on-road charging solutions for future vehicles) financiado por la UE. Se concentra en desarrollo de componentes para vehículos para el suministro de sistemas de carga dinámica
INTIS	Integrated Infrastructure Solutions, <i>spin-off</i> del grupo IABG han desarrollado un sistema de transferencia de carga inductivo para coches y autobuses, con capacidad de operar como sistema de carga, estático o dinámico, en colaboración con Fraunhofer Electromobility y otras empresas. Proyecto soportado por el Ministerio Alemán de Transportes e Infraestructura Digital En colaboración con la Technische Hochschule Deggendorf ha integrado la interfaz de carga CHAdeMo DC en su tecnología de carga inductiva y desarrollado una aplicación de carga inductiva CHAdeMo

Fuente: elaboración propia a partir de (Highways England, 2015).

⁸ Véase *Review and Evaluation of Wireless Power Transmission (WPT) for electric Transit. Applications* (FTA, 2014)

TABLA 5. Sistemas de transferencia inalámbrica de carga estacionarios y dinámicos en el mercado o en desarrollo (parte 2 de 3)

Organización	Descripción
IPT Technology	Una <i>spin-off</i> de Conductix-Wampfler. Se concentra en sistemas autónomos industriales y en aplicaciones para autobuses de sistemas de carga estática. Proporciona soluciones para carga inductiva continua y discontinua. La carga discontinua tiene lugar en estaciones de carga que transfieren carga al vehículo aparcado sobre ellas. Los sistemas de carga estática IPT® Charge systems están operativos en varias instalaciones, tales como las de Turín y Génova en Italia. La de Turin, por ejemplo, mantiene flotas de 23 autobuses eléctricos en operación diaria, desde 2003, usando el sistema IPT.
KAIST Korea Advanced Institute for Science and Technology	Su sistema de transferencia de carga por resonancia magnética puede operar en rangos mayores que los sistemas inductivos. Ha abierto lo que considera la primera ruta de autobús con transferencia dinámica de carga, mediante cableado bajo la superficie. Opera dos autobuses eléctricos en un servicio regular de 24 km.
ORNL Oak Ridge National Laboratory	El DOE Oak Ridge National Lab (ORNL) ha desarrollado y está licenciando un sistema de carga inalámbrica estacionaria para garajes o dinámica para carreteras. El sistema proporciona suficiente carga incluso con baja precisión en el posicionamiento del vehículo. El ORNL ha realizado pruebas de demostración en vehículos híbridos Prius y Volt.
POLITO.- Politecnico de Torino	El Politécnico di Torino, juntamente con Centro Ricerche Fiat, desarrollan un prototipo del sistema de carga dinámica sobre la carretera, el CWD (Charge While Driving) va a ser probado en el circuito de Susa, cerca de Turin. En el circuito de Susa se han instalado 50 transmisores que enviarán carga a un receptor situado en el inferior de un vehículo comercial ligero. El prototipo así como el circuito de prueba se ha desarrollado en marco del proyecto Europeo –FABRIC.
Primove	Primove e-mobility es la unidad de movilidad eléctrica de Bombardier; ha desarrollado un sistema de carga inductivo para trenes ligeros y autobuses, que incluye además del sistema de carga inalámbrico, baterías compactas y sistema de propulsión. El sistema, en principio, tiene capacidad de carga estática, aunque se menciona también capacidad dinámica
Qualcomm Halo	La Tecnología Halo IPT, desarrollada conjuntamente por Arup Consulting Engineers y la Universidad de Auckland (Nueva Zelanda), fue adquirida en 2011 por el desarrollador americano Qualcomm para fundar Qualcomm Halo. Halo IPT ha optimizado sistemas de carga inalámbricos para vehículos eléctricos en el rango de 3,3 a 20 kW. Qualcomm Halo es también miembro del proyecto FABRIC
Siemens	Ofrece el sistema inductivo de carga para carga estática SIVITEC

Fuente: elaboración propia a partir de (Highways England, 2015).

TABLA 6. Sistemas de transferencia inalámbrica de carga estacionarios y dinámicos en el mercado o en desarrollo (parte 3 de 3)

Organización	Descripción
TDK	TDK Corporation ha alcanzado un acuerdo de licencia para la tecnología de carga inalámbrica desarrollada por WiTricity. Su objetivo es comercializar el sistema de carga estática y demostrar aplicación para carga dinámica
Wave	<i>Spin-off</i> de la U. de Utah para comercialización de la tecnología del Energy Dynamics Lab. Se concentra en sistemas de carga estática para autobuses. Proporciona sistemas de carga estática situados en las paradas del autobús a lo largo de la ruta
WiTricity	Empresa fundada por los desarrolladores del sistema de carga por resonancia magnética. Su sistema de alta resonancia ha alcanzado eficiencias superiores al 90% a distancias de 15 cm hasta 2 metros. El sistema ha demostrado capacidad de recargar baterías de vehículos eléctricos ligeros, pero no autobuses. WiTricity ha firmado acuerdos de licencia con los mayores fabricantes tales como Toyota, Audi, Mitsubishi Motors y Delphi

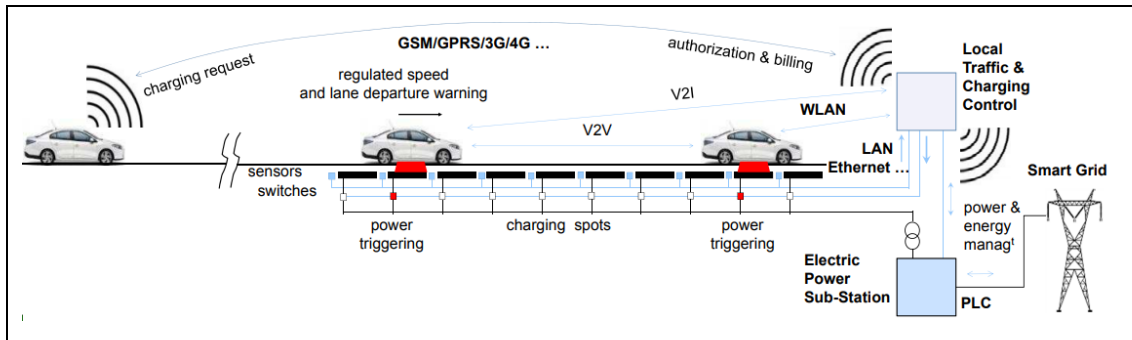
Fuente: elaboración propia a partir de (Highways England, 2015).

En lo que se refiere a la transmisión inalámbrica de carga es importante destacar el proyecto FABRIC, apoyado por la UE, con 24, empresas e instituciones, participantes. El proyecto está orientado a analizar la viabilidad técnico-económica así como los aspectos socio-ambientales de la carga dinámica de vehículos. El proyecto pretende dar respuesta a la necesidad de integración del vehículo eléctrico en el sistema de movilidad evitando la utilización de paquetes de baterías con elevado peso en el vehículo.

El proyecto analiza y define los requerimientos del usuario final que determinarán el éxito de la aplicación en varios sectores, los impulsores tecnológicos y los retos de la implantación extensiva de la tecnología de carga inalámbrica, así como las brechas tecnológicas que hay que cubrir para proporcionar soluciones eficientes en coste de la red de distribución y la infraestructura viaria. El proyecto pretende los objetivos siguientes: a) analizar la viabilidad económica y tecnológica así como el impacto socio-ambiental de la carga dinámica en la carretera de vehículos eléctricos; b) desarrollar, implementar y probar soluciones que permitan la integración de la red en infraestructura viaria urbana e interurbana para ser utilizada por un amplio rango de vehículos eléctricos; y c) contribuir al desarrollo de la movilidad eléctrica en Europa identificando costes y beneficios así como las inversiones necesarias en los próximos años su implantación explotación.

Para alcanzar dichos objetivos se integraran TICs y sistemas de carga inalámbricos con la red y la infraestructura viaria (ver figura siguiente) y se realizarán pruebas en tres localizaciones distintas: Italia, Francia y Suecia (FABRIC, 2014).

FIGURA 3. Esquema de integración de los sistemas de comunicación y carga inalámbrica con la red y la infraestructura viaria



Fuente: (Perrin et al., 2014).

Dentro de este programa realizó en la pista de pruebas en Francia, construida por VEDECOM en Satory (Versalles), una prueba de carga simultánea de dos vehículos sobre la misma pista mediante el sistema Qualcomm Halo Wireless Electric Vehicles Charging (WEVC). El sistema desarrollado y construido por Qualcomm Technologies es capaz de realizar la carga dinámica de hasta 20 kW a velocidad de autopista.

Qualcomm y VEDECOM integraron el sistema de transmisión en la pista de prueba, mientras que VEDECOM y Renault integraron el receptor en dos Furgonetas Kangoo. Esta colaboración entre Qualcomm, Renault y VECECOM ha demostrado la viabilidad técnica de la carga dinámica inalámbrica hasta velocidades de 100 km/h. Las pruebas continuarán dentro de las actividades del programa FABRIC.

FIGURA 4. La furgoneta Renault Kangoo en la pista de pruebas



Fuente: (Qualcomm, 2017).

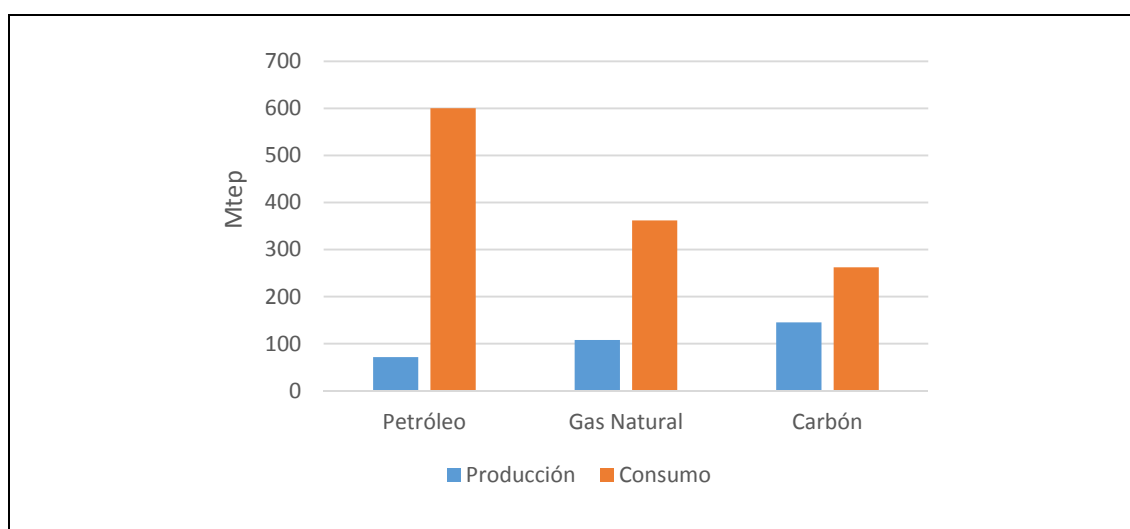
4. EL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO EN EL TRANSPORTE

La Unión Europea (UE) en su estrategia de combustibles alternativos trata de impulsar, entre otros, el uso del gas natural en el transporte en Europa; uso que, por otro lado, está bien establecido en todo el mundo, con un número de vehículos próximo a los 18 millones y con más de 24.000 estaciones de recarga. En la UE, si se exceptúa Italia, su consumo es marginal. Con el uso del gas natural en automoción se persiguen los objetivos de reducir la dependencia del petróleo, así como las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes en el transporte. El análisis de las bases que soportan esta estrategia es, por tanto, previo a cualquier otro a realizar sobre el despliegue actual de los vehículos a gas natural y de las medidas a promover para el desarrollo del mismo en el transporte, en particular, en el de pasajeros.

4.1. Panorámica global

El gas natural es la segunda fuente de energía en la UE después del petróleo, y la dependencia exterior menor que la de este último. Es fuente primaria para el sector energético y final en los restantes sectores económicos. Ofrece además la posibilidad de ser una energía alternativa limpia en el sector del transporte, con la perspectiva de aumentar la seguridad de suministro y reducir la dependencia exterior del petróleo (ver gráfico siguiente). Por estas razones, la UE ha decidido promover el uso del gas natural como combustible alternativo en el transporte a través de la directiva 2014/94/UE, que requiere a los Estados Miembro adoptar un marco de acción nacional para el desarrollo del mercado y la implantación de las correspondiente infraestructura de suministro.

GRÁFICO 21. Producción/consumo de combustibles fósiles en la UE-28



Fuente: elaboración propia a partir de (BP, 2016).

El gas natural es un combustible alternativo adecuado para ser utilizado por cualquier modo de transporte, puede ser distribuido a través de la infraestructura

existente y, en el caso del transporte por carretera, requiere cambios menores en los vehículos existentes para su utilización bien como gas comprimido o licuado. El gas natural, en efecto, puede ser utilizado por los dos tipos de motores de combustión interna del mercado: en motores de ignición por chispa y en motores duales, en los que la ignición del gas combustible se produce por una inyección de una pequeña cantidad de gasoil (diésel).

A pesar de tener ventajas fiscales, el uso del gas natural como combustible en el transporte, en la UE, está en su inicio y su peso en el consumo es todavía marginal, sólo en Italia alcanza un consumo significativo en términos absolutos (ver tabla siguiente).

Italia cuenta con más de treinta años de experiencia en la utilización del gas natural en el transporte, como consecuencia de una industria de conversión de vehículos muy activa desde los años setenta y ochenta del siglo pasado y el impulso dado a su consumo desde los años noventa al estar disponibles en el mercado, modelos a gas natural comprimido de vehículos de pequeño y mediano tamaño. El número de vehículos de gas natural alcanza actualmente la cifra de 880.000 vehículos (2,1% del total), un 80% del total de vehículos a gas natural en la UE, y cuenta con aproximadamente 1.000 estaciones de servicio.

TABLA 7. Consumo de gas natural (GN) en el transporte en la UE (2015)

País	Consumo de GN en el transporte ktep	% sobre el consumo total de GN
Italia	1.087,4	1,9
Francia	149,3	0,4
Alemania	426,6	0,6
Polonia	268,4	2,6
España	311,8	1,2
UE	3.226,1	0,9

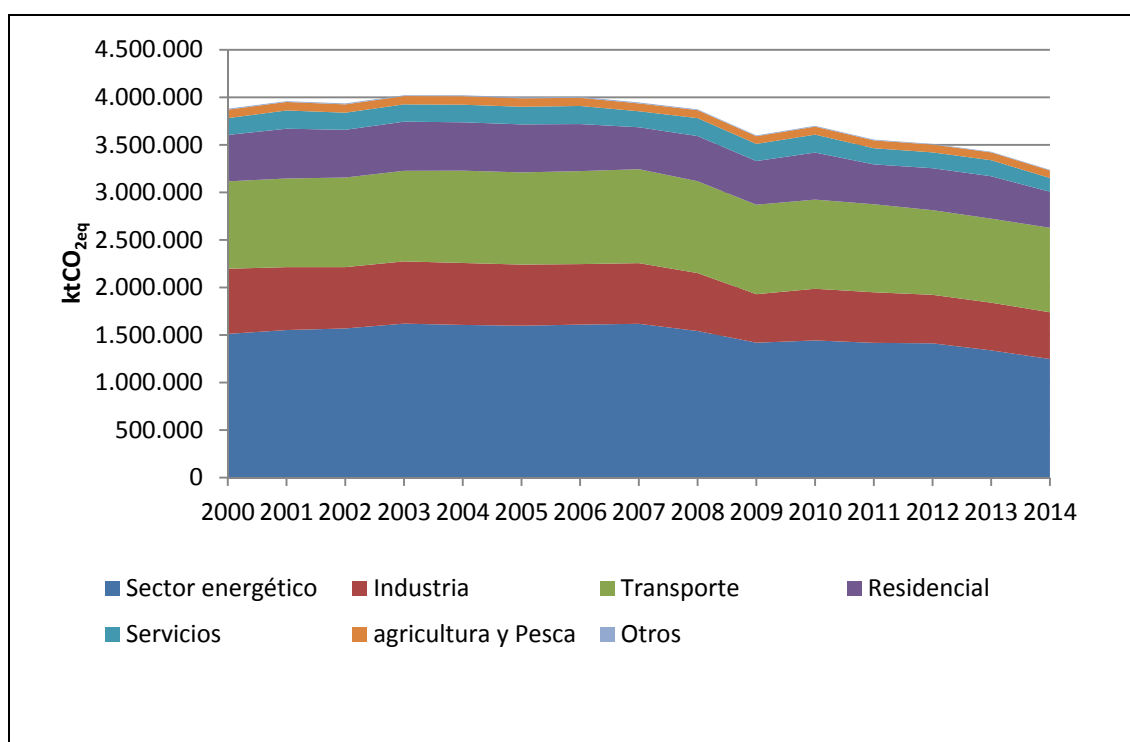
Fuente: elaboración propia a partir de Eurostat (2015).

Otros países de la UE, tales como Suecia, Francia y España, están impulsando el uso de gas natural comprimido en flotas de empresa y autobuses urbanos, debido a sus menores emisiones de NO_x y partículas, o el GNL en vehículos pesados de transporte, como en el Reino Unido. En Alemania Volkswagen y Audi han puesto también el mercado modelos de vehículos de gas natural comprimido.

En el capítulo 1 se ha visto el peso del sector del transporte, en particular el transporte por carretera, en el consumo de energía en la UE y su prácticamente total dependencia del petróleo. El sector transporte es además responsable de un 30% de las emisiones de GEI de la UE y, a diferencia de otros sectores, no se han reducido de forma significativa en los últimos años (ver gráfico siguiente). El sector transporte tiene, pues, un peso significativo en el cumplimiento del compromiso adoptado por la UE en la Cumbre del Clima de París, que requiere la reducción de las emisiones de CO₂ en un 40%, respecto a 1990, en 2030.

Es obvio que el transporte es uno de los sectores en el que se focaliza la acción de la UE para la reducción de emisiones, aumentando al mismo tiempo su sostenibilidad mediante la reducción de la dependencia del petróleo. El gas natural goza de buenas redes de distribución en la UE, puede ser utilizado en todos los segmentos del transporte y por los equipos existentes con cambios menores, y contribuye a la reducción de las emisiones contaminantes; por tanto, focaliza la atención de la UE como combustible alternativo al petróleo en el transporte y es objeto de medidas para impulsar su uso.

GRÁFICO 22. Emisiones de CO_{2eq}, procedentes del consumo energético, por sectores en la UE



Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017).

El gas natural, además de reemplazar a los combustibles convencionales en el transporte, bien como gas comprimido (GNC) o como gas licuado (GNL), es también la base para la producción de combustibles sintéticos (GTL) similares al diésel, del que ya existen algunas instalaciones en el mundo, de dimetil éter (DME), de metanol y de hidrógeno. Este último es uno de los combustibles alternativos contemplados por la UE en la directiva 2014/94/UE, y despierta enorme interés tecnológico al ser fuente de energía de las pilas de combustible utilizadas como generadores de electricidad transportable para vehículos eléctricos. Por ello existe actualmente, en la UE y Estados Unidos, un gran número de proyectos para el desarrollo de sistemas de almacenamiento, de equipos de recarga y vehículos accionados por pilas de combustible⁹.

⁹ Respecto al hidrógeno en el transporte, puede consultarse *Energías alternativas para el transporte de pasajeros* (Álvarez y Menéndez, 2017).

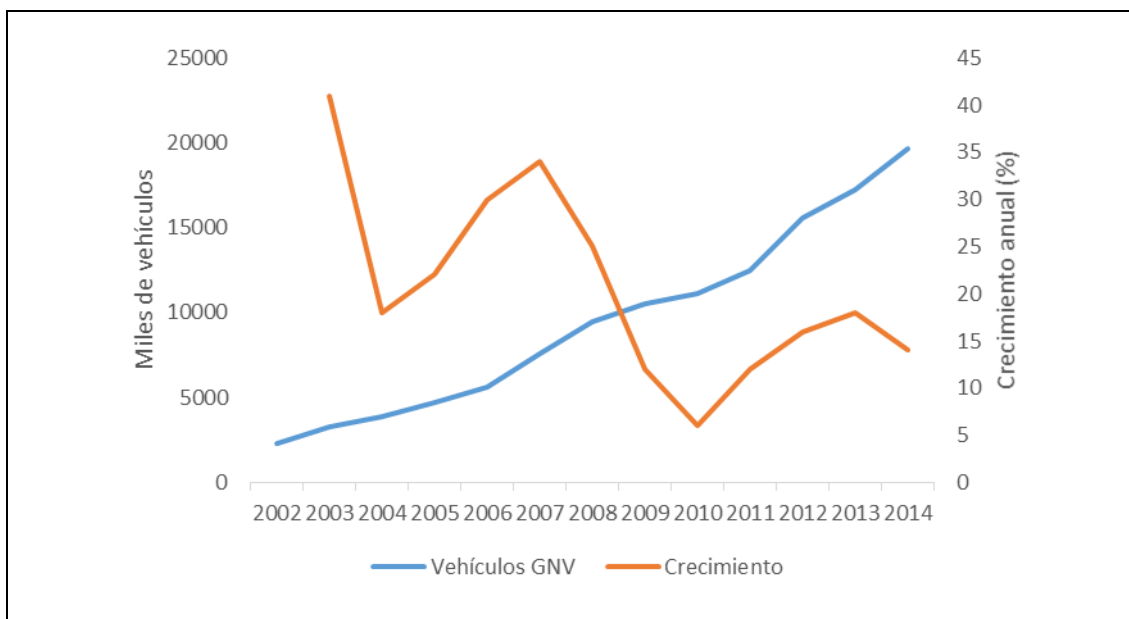
Aunque el gas natural es un recurso energético con un amplio rango de posibilidades de uso en el transporte, este estudio tratará solo del uso directo, por ser el mercado actual de mayor volumen y el de mayor previsión de penetración en un horizonte temporal más corto.

En forma directa se puede utilizar, tanto en vehículos con motores de ignición por chispa, vehículos de gasolina, reemplazando a esta, como en vehículos de ignición por compresión, vehículos diésel, mezclado con pequeñas cantidades de éste para producir la ignición. Como gas comprimido (GNC) a 200/250 bares, se utiliza preferentemente en vehículos ligeros, sólo de gas o de gas y gasolina (vehículos bifuel); o en vehículos comerciales, autobuses urbanos y vehículos de servicio público, que retornan diariamente a sus bases para su reabastecimiento. El gas licuado (GNL) a -162°C , aumenta considerablemente la autonomía del vehículo, por tanto es el preferible para vehículos pesados de transporte, y para grandes motores como los marinos.

El gas natural es pues una opción realista de combustible en el transporte, y teniendo en cuenta la disponibilidad y extensión de la red de transporte y distribución, su desarrollo depende de los siguientes elementos: a) precios relativos respecto a los productos petrolíferos; b) eficiencia de consumo y emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes de los vehículos, y c) regulaciones medioambientales y medidas de apoyo político.

Aunque los datos estadísticos a nivel mundial muestran diferencias entre países en cuanto al tipo de vehículo, al número total y a las tasas de crecimiento (ver siguiente gráfico en cuanto a tasas de crecimiento), varias consideraciones pueden extraerse de los datos disponibles: a) la utilización del gas natural en el transporte se ha desarrollado sobre todo en países en vías de desarrollo, con altas producciones de gas natural y en base a vehículos de gasolina modificados; b) el precio local del gas natural ha impulsado el crecimiento del uso frente a combustibles líquidos derivados del petróleo que requieren grandes inversiones en instalaciones de refino para su utilización en vehículos; y c) el desarrollo se ha basado en el uso directo de gas natural comprimido, ya que requiere menor nivel tecnológico en cuanto a instalaciones y materiales para su utilización; y d) en cuanto al tipo y uso del vehículo, en general se trata en su mayoría de vehículos ligeros, de uso local en distancias cortas.

GRÁFICO 23. Número mundial de vehículos a GN y porcentajes de crecimiento anual



Fuente: elaboración propia a partir de (The GVR, 2014).

Dado que se dispone de datos estadísticos más fiables y de mayor información para el análisis de la evolución del mercado, este se focalizará a países desarrollados, en particular en la UE, con distribución de combustibles líquidos y estándares de calidad de los mismos plenamente establecidos y con suficiente capacidad tecnológica y de producción para que las distintas tecnologías de vehículos puedan competir libremente.

4.1.1. Precios de combustibles (gas natural y convencionales)

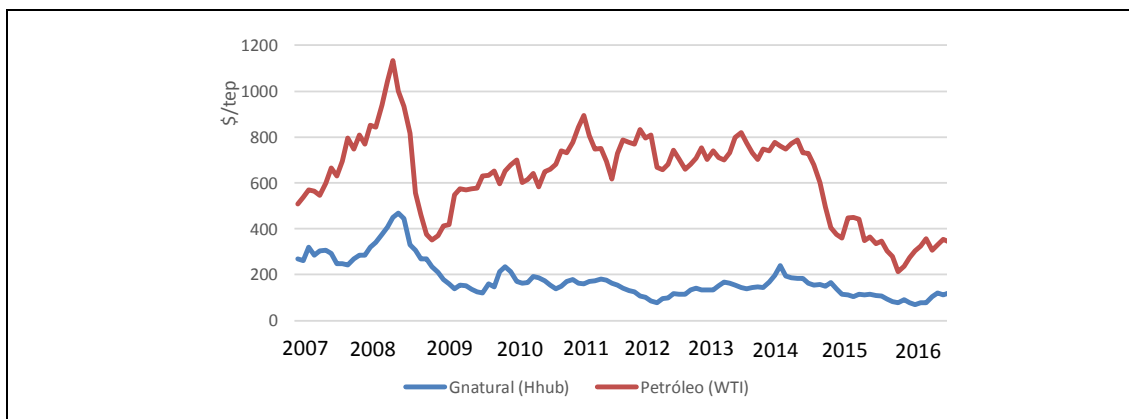
Un aspecto clave para el desarrollo del mercado del gas para automoción es el precio del gas natural respecto al petróleo, base éste para el establecimiento de los precios de la gasolina y el diésel, combustibles líquidos de referencia. El diferencial de precios debería permitir compensar el mayor coste de los vehículos de gas natural respecto a los de los combustibles convencionales. Analizaremos en primer lugar los precios del petróleo y del gas en los mercados internacionales y su evolución.

El precio de gas natural que venía manteniendo con el petróleo un diferencial de unos 200 \$/tep, a partir del año 2008, en los Estados Unidos el diferencial de precio se ensancha a unos 400 \$/tep y posteriormente a 600 \$/tep, debido a la aparición del gas no convencional (ver gráfico siguiente). Sin embargo en Europa el precio mantiene en gran parte su referencia al petróleo¹⁰ y sigue manteniendo el diferencial de 200 \$/tep hasta la segunda mitad de 2015, en la que el diferencial con el petróleo se reduce. Ello indica que la penetración del gas natural como

¹⁰ Mayor detalle sobre este asunto puede verse en el artículo de Información Comercial Española (ICE) *El precio del petróleo: relación con otros mercados e implicaciones para la competitividad industrial* (Álvarez, 2015).

combustible estaría favorecida en áreas en las que existan fuentes de gas, tales como el gas no convencional, no ligadas a la producción de petróleo o cuando los precios del gas importado son más favorables.

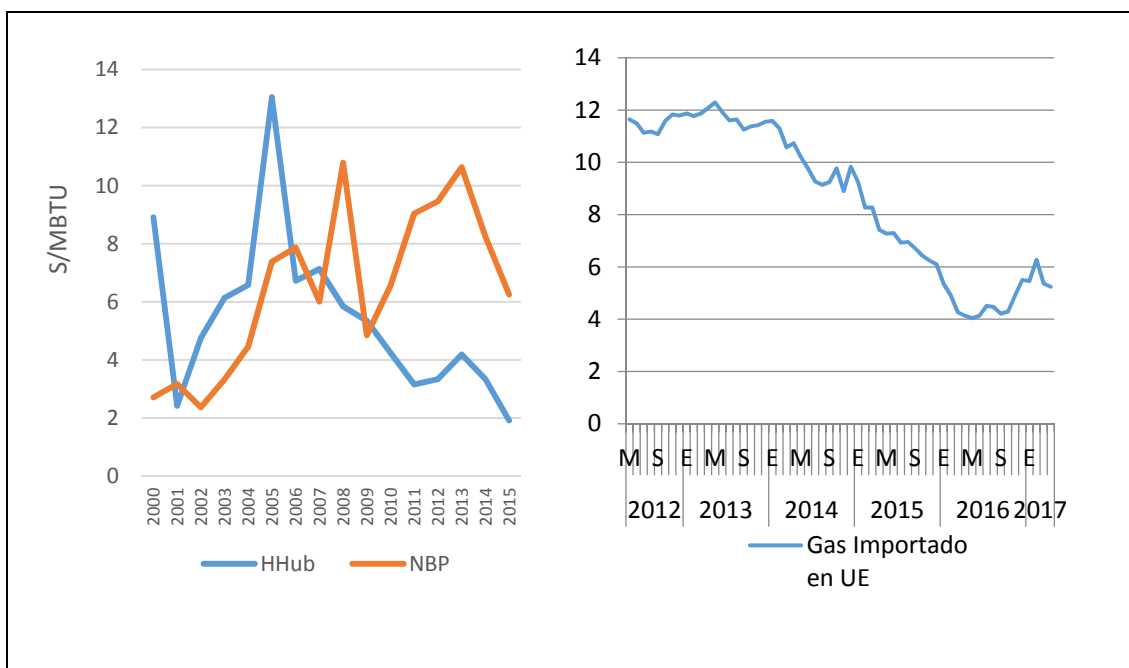
GRÁFICO 24. Precios del petróleo y del gas natural en mercados internacionales en \$/tep



Nota: HenryHub es una referencia básica del precio del gas natural en el mercado americano.

Fuente: elaboración propia.

GRÁFICO 25. Precios del gas en mercados mayoristas en Estados Unidos y Europa (izquierda) y precios del gas importado en la UE (derecha) en \$/MBTU¹¹



Nota: NBP es National Balancing Point (UK Hub), precio del gas en el Reino Unido.

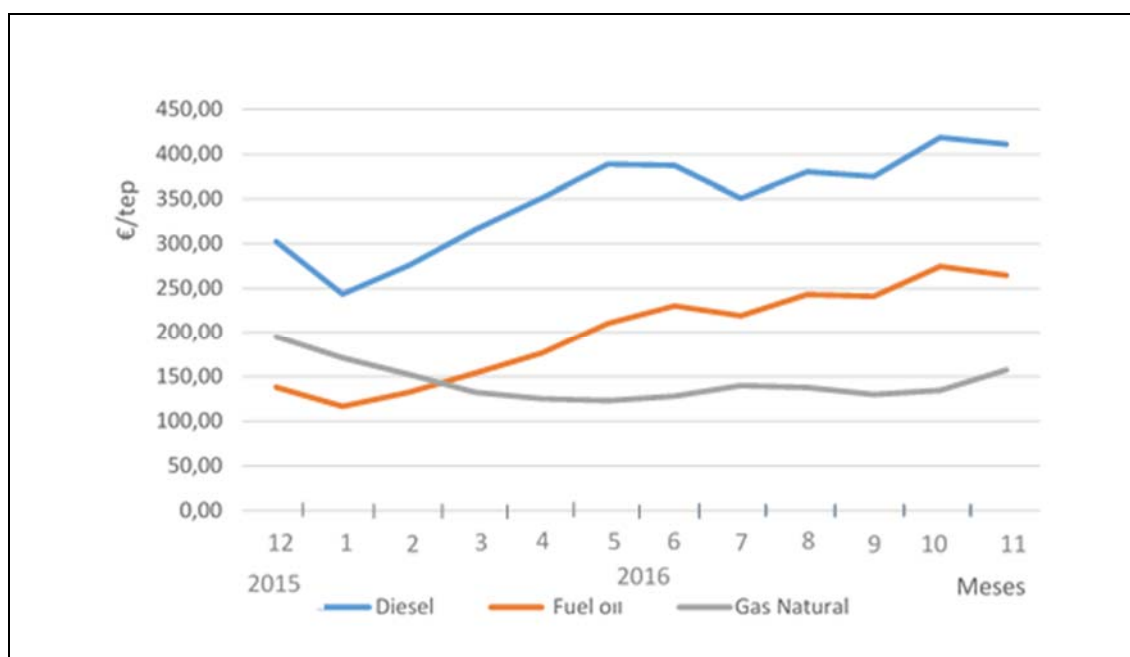
Fuente: elaboración propia a partir de (Banco Mundial, 2017).

Por otro lado, en Europa después de la caída de precio del gas importado en 2016 (ver gráfico anterior) se ha ensanchado el diferencial con respecto a los del diésel, y

¹¹ Puede verse más información en el anexo 2.

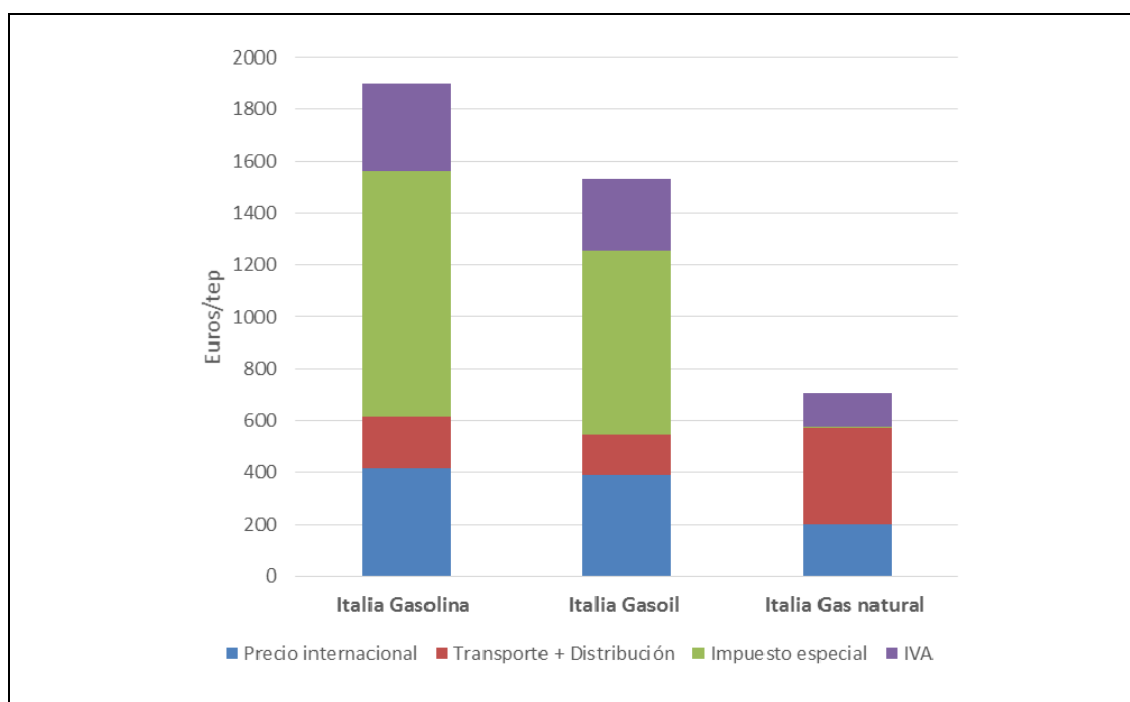
además son inferiores al del fuel oil de bajo azufre (ver gráfico siguiente). Esta situación favorece el uso del gas natural como combustible en el transporte, tanto por carretera como en el marítimo y fluvial, en especial en las zonas de emisiones de azufre controladas (zonas SECA), dado que el fuel oil constituye la base de los combustibles marinos y la referencia de precio.

GRÁFICO 26. Evolución de los precios del diésel y gas natural en Europa en 2016



Fuente: elaboración propia.

El precio al consumidor final de los combustibles es el resultado del precio internacional más el coste de suministro y distribución, al que se añaden los impuestos establecidos, que varían en cada país. Los impuestos para cada combustible son, además del precio del mercado mayorista, un aspecto determinante del precio del mercado al usuario final. En Europa los impuestos constan de dos términos: el impuesto sobre la energía, que es diferente para cada tipo de energía (combustible), y el IVA, que aplica al conjunto precio base más el impuesto sobre la energía. Dado que éste último es diferentes para cada tipo de combustible, su valor puede mover el mercado hacia un determinado tipo de vehículo y combustible. Los impuestos sobre la energía se han establecido en función del uso final, vehículo privado o transporte de mercancías, y de la estrategia energética del país. Tal es el caso de Italia en donde la producción interna de gas natural era significativa en el inicio de la utilización del gas natural en el transporte y en donde los impuestos al gas natural son un 80% y 70% inferiores a los de la gasolina y diésel respectivamente (ver gráfico siguiente).

GRÁFICO 27. Precios configuración de precios de la gasolina, diésel y gas natural en Italia y España (Datos nov. 2016)

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. El gas natural como combustible alternativo en el transporte en la UE

El gas natural es, por tanto, un combustible alternativo para el transporte. La directiva europea 2014/94/UE tiene como objetivo promover el desarrollo de las infraestructuras de suministro para aumentar la contribución del gas natural en el transporte, en particular en aquellos mercados que ofrecen un alto volumen de ventas.

Tal como se ve en la tabla siguiente, de los posibles mercados para el gas natural en el transporte, el de carretera presenta el mayor volumen (ver tabla siguiente) y es en el que las medidas políticas de impulso pueden tener mayor impacto; en particular en lo que refiere a la movilidad, que es objeto del presente trabajo.

TABLA 8. Mercados disponibles en el transporte para el gas natural en la UE

Modo	Combustible referencia	Combustible gas natural	Mercado Mtep/año
Carretera (pasajeros)	Gasolina/diésel	GNC	91,0 (*)
Carretera (mercancías)	Diésel	GNL	113,0
Navegación interior	Gasóleo marino /Fuel Oil	GNL	3,96
Navegación internacional	Fuel Oil/Gasóleo marino	GNL	41,5

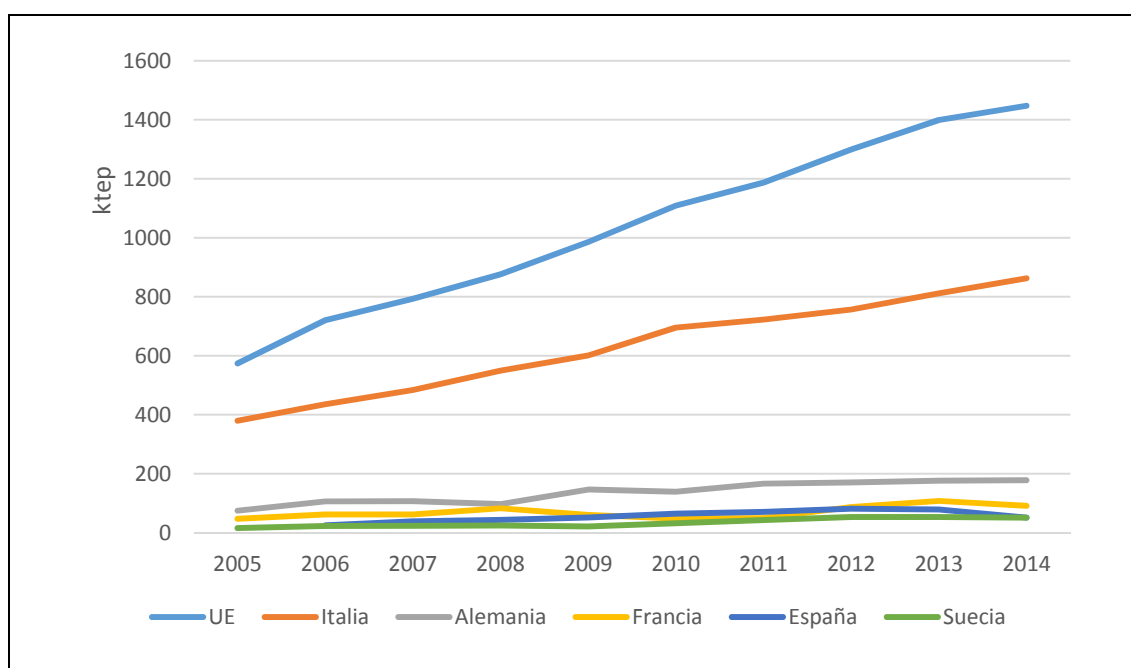
Nota: No se ha considerado el consumo en el ferrocarril; en la UE está muy electrificado, por lo que el consumo de combustibles líquidos es marginal. (*) Se ha considerado el tráfico de vehículos en área urbana (coches y autobuses).

Fuente: elaboración propia.

Como se ha visto el precio del gas natural en los mercados mayoristas favorecería su introducción en el mercado de combustibles para el transporte; pero, aunque el diferencial respecto a los combustibles del petróleo en los mercados mayoristas tiene un peso importante en el transporte por carretera, no explica la totalidad del diferencial en el precio final al consumidor.

En la UE el consumo de energía en el transporte permanece prácticamente estable (ver apartado 1.2), sin experimentar crecimiento significativo desde el año 2010, y es actualmente próximo al del año 2000. El gas natural, aunque su peso en el consumo total en el transporte por carretera es marginal (0,6%), ha experimentado una tasa de media de crecimiento anual de un 10% desde el año 2005 (ver gráfico siguiente). De los principales países consumidores sólo en Italia el consumo es significativo, en el resto el consumo permanece estancado, a pesar de la existencia de suficientes puntos de recarga en algunos de ellos.

GRÁFICO 28. Evolución del consumo de GN en el transporte en los países mayores consumidores de la UE



Nota 1: aunque Holanda es uno de los principales países analizados respecto al gas natural, no se representa aquí por la dificultad de distinguirse su consumo bruto gráficamente.

Nota 2: considérese que 1 bcm de gas natural equivale a 1,006 Mtep, siendo este un valor aproximado al depender de la composición del gas natural.

Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2015).

El desarrollo del gas natural en la UE ha tenido lugar sobre en base gas natural comprimido en vehículos ligeros, sobre todo bifuel, en flotas de empresa o en vehículos de transporte público (autobuses, camiones de servicio de limpieza, etc.), llegando a alcanzar 0,6 % del consumo de energía en el transporte con 1,3 millones de vehículos y unas 3.000 estaciones de servicio. A pesar de este desarrollo, el número de vehículos a gas no representa más que el 0,5% del total de vehículos

ligeros en la UE; sólo en Italia el número de vehículos, que alcanza un 2% del total, es significativo.

4.2. Flotas y estaciones de servicio

Un aspecto que determina el desarrollo del mercado del gas natural para automoción es el precio de los vehículos a gas respecto a los de gasolina y diésel. Los vehículos a gas son más caros que su equivalente en combustibles convencionales. Inicialmente los coches a gas eran coches de gasolina transformados en talleres especializados, con unos costes de transformación de unos miles de euros. Actualmente los vehículos de producción directa por el fabricante tienen un precio entre 7.000 y 10.000¹² euros superior a los de los combustibles convencionales, y entre 30.000 y 70.000 euros los camiones y autobuses.

El mercado de utilización del gas natural en el transporte se desarrolló, en países productores de gas natural, en segmento de vehículos ligeros de gasolina modificados y con precios de combustible significativamente inferiores a los combustibles convencionales y utilizando gas natural comprimido.

TABLA 9. Países con mayor número de vehículos a gas natural y diferencial de precio del gas natural respecto a la gasolina en 2014

País	Total de VGN	Estaciones de servicio	Porcentaje de reducción del precio del GNC frente a la gasolina (%)
Irán	3.500.000	1.904	75
China	3.000.000	5.730	50
Pakistán	2.790.000	2.997	65
Argentina	2.359.673	1.932	71
Brasil	1.769.572	1.805	47
India	1.800.000	903	47
Italia	823.000	1.022	62
Colombia	476.506	703	47
Uzbekistan	450.000	213	74
Thailand	441.182	491	75

Nota: el porcentaje de reducción del precio del GNC frente a la gasolina es en términos energéticos.

Fuente: elaboración propia a partir de (The GVR-GNV Journal, 2014).

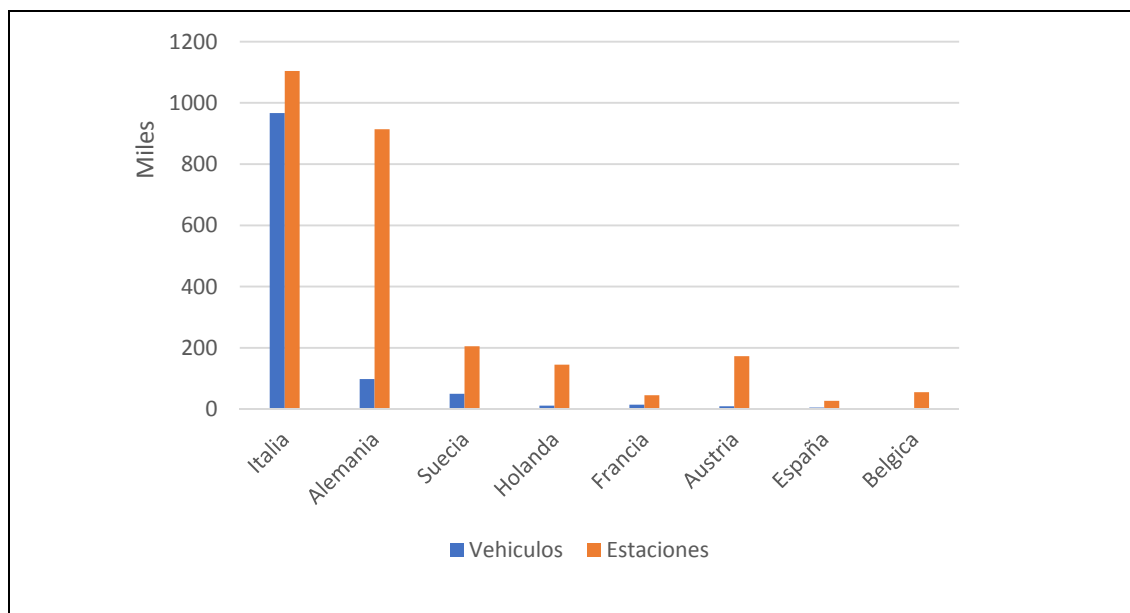
El número de vehículos a nivel mundial ha crecido a una tasa media anual de un 20% en los últimos 10 años, ligeramente superior a la del número de estaciones que lo ha hecho a una media de un 13% anual. En número medio de vehículos por estación de servicio es de unos 750, bastante inferior a la de los vehículos con combustibles convencionales.

La disponibilidad de una infraestructura de distribución desarrollada es, sin duda, un elemento a considerar en el desarrollo del uso de gas natural, aunque no parece ser un elemento relevante en la UE, si se tiene en cuenta que Italia es el país con el

¹² En *Energías alternativas para el transporte de pasajeros* (Álvarez y Menéndez, 2017) se asume un precio del turismo de gas natural comprimido de 25.000 euros.

mayor desarrollo y el menor número estaciones de suministro por vehículo (ver gráfico siguiente).

GRÁFICO 29. Número de vehículos y estaciones de servicio de GNC por vehículo



Fuente: Datos NGVA (2016), elaboración propia.

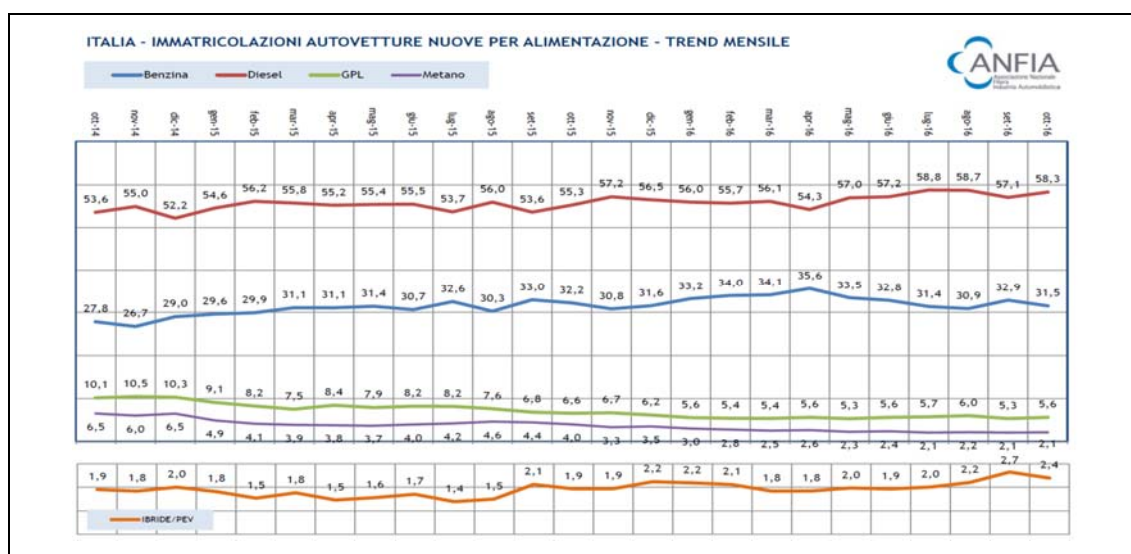
4.3. El gas natural en el transporte en Italia

Italia es el país con mayor desarrollo del mercado de gas natural en el transporte en la UE, con mayor número de vehículos y estaciones de recarga. En Italia la utilización del gas se inició hace más de 30 años, ha mantenido un crecimiento sostenido de un 9% anual y ha dado origen a una industria de modificación de vehículos, bienes de equipo, estándares y legislación; sin embargo, el gas natural sólo representa un 3% del consumo total de energía en el transporte por carretera.

4.3.1. Aspectos generales

En Italia existen actualmente más de 880.000 vehículos a gas natural (datos de 2015), diez veces más que en Alemania que ocupa el segundo lugar en vehículos de gas en la UE. El mercado se desarrolló inicialmente mediante la estrategia de promover el consumo de un combustible de producción interior y el impulso de una industria de conversión de vehículos de gasolina en talleres especializados. Las conversiones estuvieron incentivadas, a través de talleres de vehículos, con una subvención de 600 a 2.400 € por vehículo. Estos incentivos finalizaron en 2010 por lo que es interesante analizar la evolución del mercado, cuando no hay incentivos. En los últimos 10 años, aunque el número de vehículos existentes a gas natural ha crecido a una tasa media anual del 7%, sin embargo el porcentaje en la matriculación de los nuevos vehículos ha caído desde un 6% desde a finales de 2014 hasta un 2,1% en 2016 (ver gráficos siguientes), a diferencia de los vehículos híbridos y eléctricos que crecen a una tasa media anual del 40%.

GRÁFICO 30. Matriculaciones de nuevos vehículos en Italia, variación mensual

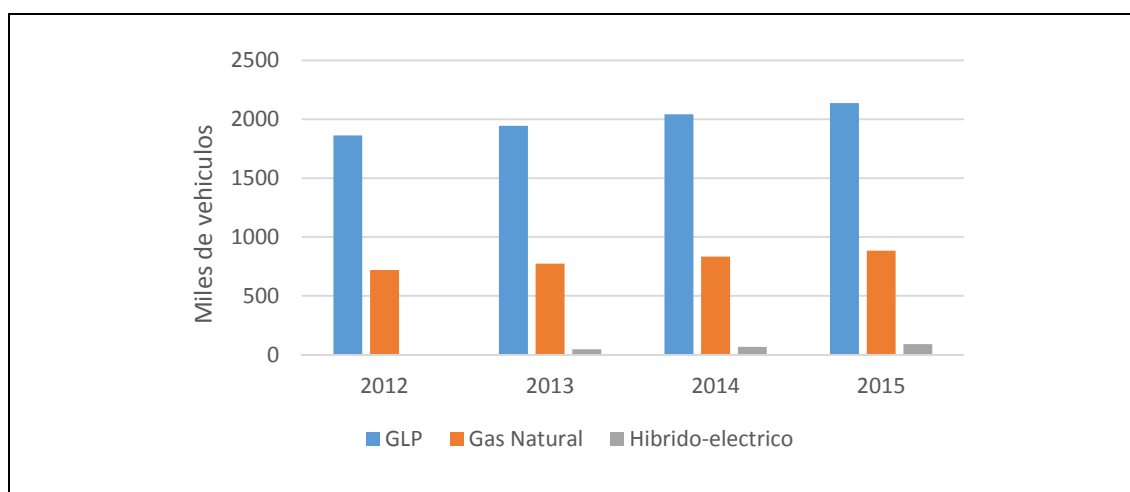


Fuente: (ANFIA, 2015).

La caída de las matriculaciones de vehículos de gas natural en Italia en los últimos años no sólo se explica por la reducción de los incentivos a la conversión de vehículos, sino también por la caída del diferencial de precios entre los combustibles convencionales y el gas natural a partir de la segunda mitad del 2014. A este respecto, es importante destacar que en Italia el gas natural disfruta de la exención/reducción del impuesto especial mínimo de 2,6 €/GJ, fijado por la directiva 2003/96/CE. Se deduce, pues, que los vehículos de gas siguen siendo menos atractivos a los consumidores que los vehículos de combustibles convencionales, en particular el diésel cuyo peso en las nuevas matriculaciones se ha mantenido.

De hecho, en el gráfico siguiente se puede ver la importancia relativa de los vehículos de GLP respecto a los de gas natural.

GRÁFICO 31. Variación del número de vehículos de combustibles alternativos matriculados en Italia en los últimos años



Fuente: elaboración propia.

La utilización del gas natural en el transporte se concentró sobre todo en el uso de gas comprimido en vehículos de bajo consumo: pequeños y medianos de baja cilindrada, con altos niveles de utilización (más de 20.000 km/año) para que su adquisición, sin incentivos o subvenciones sea amortizada en un plazo de 5 a 7 años (tiempo medio de renovación del parque). Sin embargo, resulta mucho más interesante su utilización en vehículos de mayor consumo y nivel de utilización, como los vehículos pesados de transporte de mercancías y/o grandes autobuses de transporte inter-regional. Pero para proporcionar la autonomía que estos vehículos requieren es necesario utilizar gas natural licuado (GNL), para lo que es necesario el desarrollo de un nuevo sistema de distribución y estaciones de recarga. El GNL supone un mercado potencial mayor que el actual en vehículos ligeros (ver tabla 8), con la posibilidad de poder incorporar otros modos de transporte a la misma infraestructura de distribución, tales como la navegación marítima e interior. A este respecto, la UE está impulsando el desarrollo de infraestructuras de distribución y de recarga de GNL en las redes trans-europeas (TEN-T) de transporte y en grandes puertos.

4.3.2. Vehículos e infraestructuras

El uso del gas natural recibió un gran impulso en Italia a partir de 1995 cuando los fabricantes de vehículos lanzaron al mercado modelos que, de fábrica y sin modificaciones, podían consumir gas natural, la mayoría concentrados en el segmento de coches pequeños. Fiat es el fabricante que ofrece mayor número de modelos, casi todos en el segmento de vehículos pequeños o de furgonetas ligeras (ver tabla siguiente). Tres fabricantes: Mercedes, Volkswagen y Volvo ofrecen vehículos a gas de gama media.

TABLA 10. Vehículos de gas natural en el mercado europeo

Marca/Modelo	Potencia kW	Consumo GNC combinado kg/100km	Combustible	Emisiones de CO ₂ (g/km)	Clase emisiones
Audi A3 Sportback	81	3,4	Gasolina/GNC	88	
Fiat 500L	59	3,9	Gasolina/GNC	105	E-5
Fiat Panda	63	4,6	Gasolina/GNC	107	E-5
Fiat Punto	51	4,2	Gasolina/GNC	115	E-5
Fiat Qubo	57	4,5	Gasolina/GNC	114	E-5
Fiat Doblo	88	4,5		134	E-6
Fiat Multipla	76	5,2		161	E-4
Ford Cmax	107	7,2	GNC	171	
Lancia Ipsilon	59	3,1	GNC	86	E-5
Mercedes NGT	85	4,9	GNC	135	E-4
Mercedes B180 NGD	115	4,4	GNC	115	E-5
Mercedes B200	115	4,3	Gasolina/GNC	117	
Mercedes E200 NGD	115	5,3	Gasolina/GNC	147	E-6
Mercedes E200 NGT	120	8,1	GNC	190	E-5
Opel Zafira Tourer	110	4,7	GNC	129	E-5
Opel Zafira 1,6	71	5,3	GNC	144	E-3
Opel Combo	88	4,9	GNC	134	E-5
Seat León 5d Tgi	110	3,5	Gasolina/GNC	94	
Seat Mii Ecofuel	68	2,9	GNC	79	
Seat Mii 1	50	4,9	GNC	79	E-5
Seat Leon 1,4	81	5,3	GNC	124	E-6
Skoda Citigo	50	2,9	Gasolina/GNC	79	E-5
Skoda Octavia	81	3,5	Gasolina/GNC	97	
Wolkswagen Ecofuel	50	2,9	Gasolina/GNC	79	E-5
Wolkswagen Passat 1,4 Ecofuel	110	4,4	Gasolina/GNC	119	E-5
Wolkswagen Touran Passat 1,4 Ecofuel	110	4,6	Gasolina/GNC	125	
Wolkswagen Caddy Maxi 2.0 Ecofuel	80	5,8	Gasolina/GNC	157	
Wolkswagen Caddy 2.0 Ecofuel	80	5,7	Gasolina/GNC	157	
Wolkswagen Golf TGI 1,4 Bluemotion	81	3,5	Gasolina/GNC	92	E-6
Volvo S-60	170	-	Gasolina/GNC	-	E-5
Volvo V-70	157		Gasolina/GNC		
Volvo V-70 2,4	103	9,0	Gasolina/GNC	215	E-4
Volvo S-80	103	9,2	Gasolina/GNC	220	E-4

Fuente: elaboración propia a partir de (CNG Europe, 2016).

En lo que se refiere a la infraestructura de recarga de vehículos, el 70% de las estaciones de recarga de la UE se encuentra en dos países: Italia y Alemania (ver tabla siguiente). El número de vehículos por estación de recarga varía desde los 808 a 79 vehículos/estación en Italia y Holanda, respectivamente.

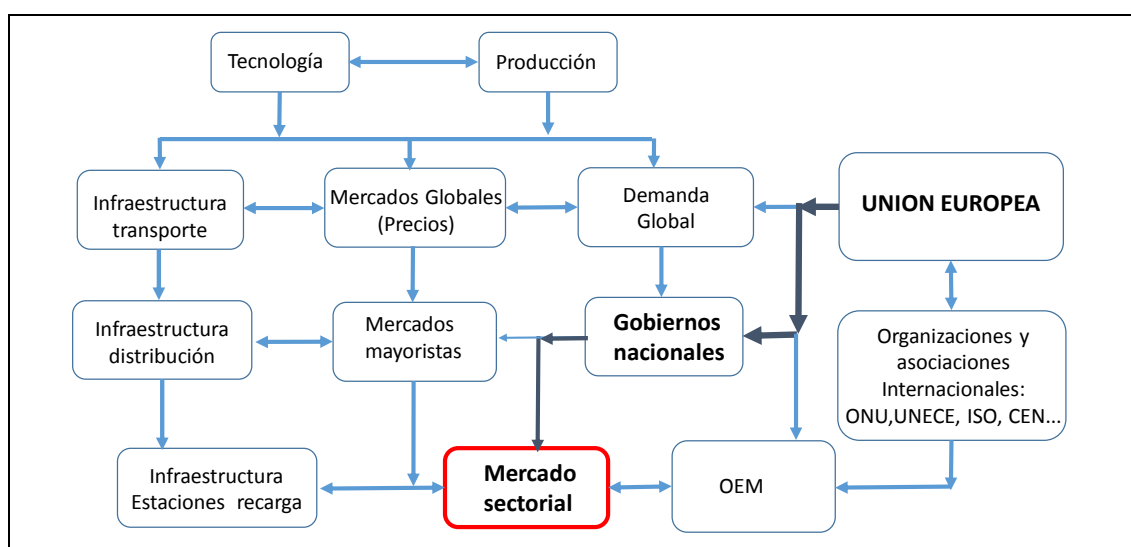
TABLA 11. Infraestructura de recarga en países de la UE con mayor número de vehículos

	Estaciones de recarga	Vehículos/estación	Estaciones por cada 1.000 vehículos
Italia	1.092	808	1,2
Alemania	913	107	9,3
Suecia	205	244	4,1
Holanda	145	79	12,7
Francia	44	325	3,1
España	27	187	5,3

Fuente: elaboración propia.

4.3.3. Agentes

Por agentes se entiende aquellas instituciones, organizaciones y empresas con influencia en el desarrollo y evolución del mercado relativo al gas de automoción. Abarcan desde los que tienen impacto en el mercado global hasta los que regulan los mercados puramente nacionales, incluso locales, y desde los puramente tecnológicos hasta los reguladores (ver figura siguiente); en lo que sigue se describen los de mayor impacto.

FIGURA 5. Esquema de agentes del mercado y sus inter-relaciones

Fuente: elaboración propia.

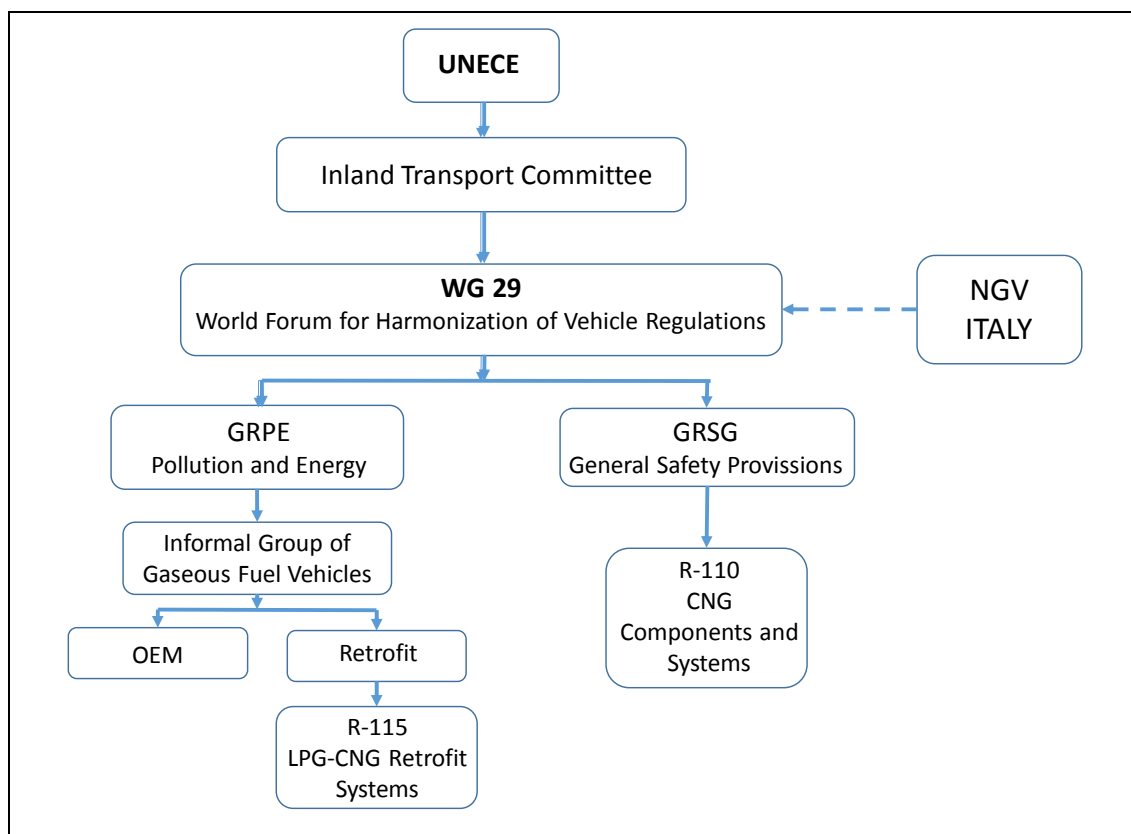
Organizaciones internacionales

Las organizaciones internacionales, como la ONU con su estrategia de cambio climático, que promueve la adopción de acuerdos internacionales para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyen, de forma indirecta a promover el uso del gas natural, dadas sus menores emisiones específicas de CO₂.

La ONU promueve, además, el uso del gas natural como combustible para la navegación al impulsar la reducción de sus emisiones de SO_x y NO_x a través de OMI (Organización Marítima Internacional), así como el desarrollo de estándares de

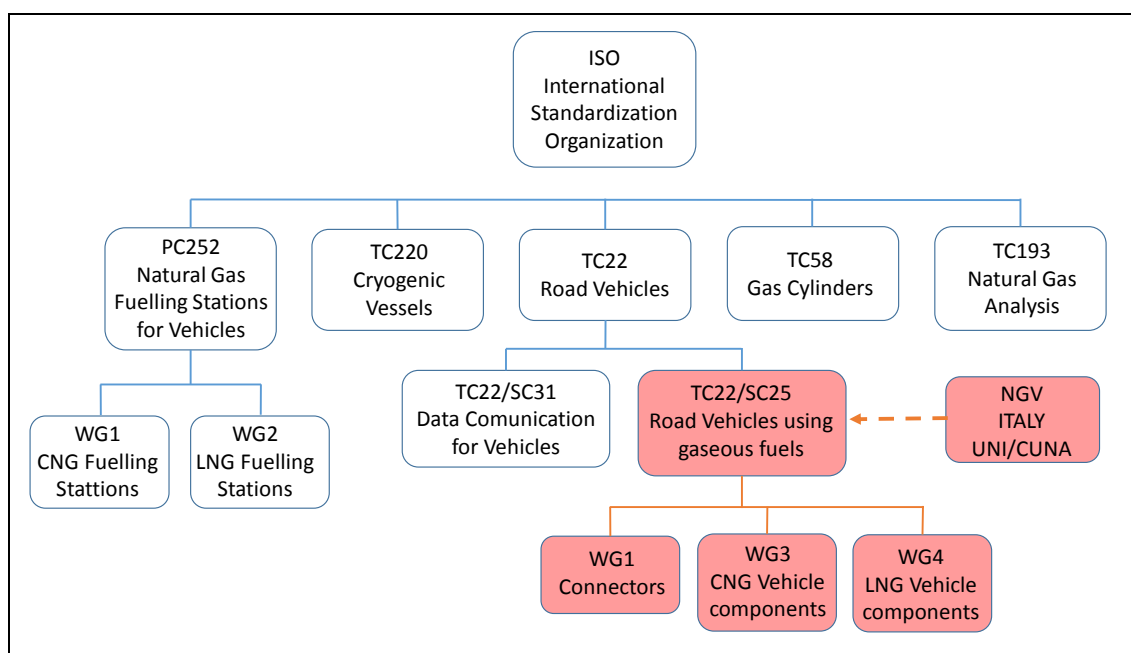
instalaciones de recarga y equipos la utilización segura del gas a través de UNECE (*United Nations Economic Commission for Europe*). La organización de estandarización italiana UNI, a través de NGV Italia, ha participado en el WG 29 de UNECE, que establece las normas para los vehículos a gas natural, así mismo ha llevado la secretaria del Subcomité TC22/SC25 de ISO para el desarrollo de estándares internacionales para vehículos de gas natural (ver figuras siguientes).

FIGURA 6. Estructura de UNECE para la armonización de regulaciones sobre vehículos



Fuente: elaboración propia.

FIGURA 7. TC de ISO responsables del desarrollo de estándares para vehículos de gas natural



Fuente: elaboración propia.

La Unión Europea

La Unión Europea, que promueve estrategias para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el transporte para dar cumplimiento a su compromiso de reducción adoptado en la cumbre de París, así como de mejora de la calidad del aire en Europa mediante la reducción de las emisiones con impacto sobre la salud como el NO_x y partículas. La UE adopta, además, legislación de obligado cumplimiento de forma directa o indirecta mediante reglamentos o directivas, que requieren la transposición a las legislaciones nacionales de los estados miembro; estableciendo: a) límites de emisión para vehículos de transporte de pasajeros y mercancías; b) especificaciones de combustibles para el transporte por carretera y navegación interior; c) niveles mínimos de calidad del aire a alcanzar en la UE; d) sistemas de certificación de motores y medición de consumos y emisiones; e) impuestos mínimos a aplicar a los combustibles para el transporte en UE, abriendo la posibilidad de la exención del mismo para impulsar el desarrollo de los combustibles alternativos; y f) promoción del desarrollo de infraestructuras de suministro de GNC y de GNL y otros combustibles alternativos para el transporte.

Administraciones Públicas

Los gobiernos nacionales, que adoptan legislación sobre niveles impositivos y/o exenciones a aplicar a cada combustible, sobre incentivos y/o subvenciones al desarrollo de infraestructuras de suministro y recarga y a la adquisición de vehículos de combustibles alternativos.

Las administraciones locales, que aprueban medidas temporales o permanentes sobre el uso en centros urbanos de determinados tipos de vehículos, menores tasas de circulación y/o aparcamientos gratuitos para vehículos de bajas emisiones.

Fabricantes de vehículos, distribuidores de gas y centros de I+D+i

Los fabricantes de coches, autobuses, camiones y motores tales como Daimler Benz, Fiat, Opel o Volkswagen, Iveco, Volvo y Cummins Wesport, con vehículos, componentes y equipos para los mismos en el mercado europeo y americano, desarrollan vehículos y estructuras de mantenimiento y de distribución y contribuyen a facilitar el uso del gas natural y otros combustibles alternativos.

Son también agentes del mercado los distribuidores de gas como SNAM, en Italia, GasNatural o HAM, en España, que con su red de estaciones de suministro facilitan la operación del mercado.

En cuanto a I+D+i, cabe mencionar el desarrollo tecnológico en tecnologías de exploración y producción de gas natural, que permite el mantenimiento de las reservas y recursos, pese al aumento anual del consumo. Las tecnologías de extracción, separación, transporte, que se soportan incluyendo nuevos materiales, tecnologías información y comunicación, equipos mecánicos, sistemas de almacenamiento, sistemas de transporte por tubería, buque y camión, etc. contribuyen al desarrollo de un mercado cada vez más global, asegurando el suministro e información sobre precios y transferencias y facilitan el desarrollo de acuerdos internacionales.

Organizaciones empresariales

Las organizaciones empresariales de fabricantes de vehículos, tales como ACEA de la UE, ANFIA de Italia o ANFAC en España, colaboran con los gobiernos y coordinan la aportación de expertos a los comités técnicos establecidos por las organizaciones internacionales y nacionales de estandarización para el desarrollo de estándares de mercado y guías de mejores prácticas de operación y mantenimiento de instalaciones y equipos. A ellas hay que añadir las asociaciones de fabricantes y distribuidores de vehículos, equipos y materiales para vehículos a gas como NGVA Europe y NGV Italia. Esta última tiene como asociados, además de Fiat Chrysler Automobiles e IVECO, a los principales fabricantes de equipos para vehículos a gas y estaciones de servicio, tales como BRC Gas Equipment, Landi Renzo Spa, GI&E, así distribuidores de gas como Gazprom.

Compradores o consumidores

La decisión de compra de vehículos se toma por los consumidores individuales, o bien por gestores profesionales en el caso de los vehículos de flotas, y se normalmente se basa en: a) las características económicas como precio, consumo de combustibles y coste de mantenimiento, etc; b) características específicas de diseño del vehículo como , tamaño, espacio disponible, seguridad, aceleración, etc.; c) criterios de orden económico- social por los que se considera el vehículo como

imagen de nivel social; y d) los aspectos medioambientales¹³. El peso relativo de unos y otros depende del tipo de comprador: consumidor individual o gestor de flotas.

En el caso de los vehículos ligeros, aspectos como el mayor precio, la pérdida de espacio de los vehículos de GNC, o la pérdida de las garantías oficiales en el caso de los vehículos modificados, juega en contra de los vehículos de gas natural, sobre todo para los consumidores individuales. En el caso de los vehículos comerciales ligeros o vehículos de servicios públicos, sin embargo, la situación es distinta, aquí el peso de los aspectos económicos y medioambientales es mayor. Un aspecto que generalmente se concede importancia, según las encuestas realizadas, es el la seguridad; la percepción por los consumidores de que el gas natural como combustible es su falta de seguridad (Mariani, 2005), aunque el diseño y los ensayos realizados demuestren lo contrario.

De lo anterior se deduce que el apoyo a la decisión de compra del vehículo mediante subvenciones, la reducción del impuesto especial al combustible, el mantenimiento del diferencial de precio del combustible frente a los convencionales, la existencia de vehículos a gas originales de fábrica, el desarrollo de estándares para los vehículos a gas y la mayor información a los consumidores sobre aspectos relacionados con la seguridad del gas natural, pueden favorecer el desarrollo del mercado.

4.3.4. El marco normativo

La normativa respecto al gas natural en Italia se mueve en el marco de la UE en lo que se refiere a la organización y funcionamiento del mercado de gas natural, en particular de las directivas y reglamentos siguientes:

Directiva 2009/73/CE que establece normas comunes para el transporte, distribución, suministro y almacenamiento de gas natural y define las normas de organización y funcionamiento del sector, del acceso al mercado, así como los criterios para la concesión de las autorizaciones de transporte, distribución, suministro y almacenamiento.

El reglamento 715/2009/CE crea normas no discriminatorias que regulan las condiciones de acceso a las redes de gas natural, a las instalaciones de GNL y a las instalaciones de almacenamiento, teniendo en cuenta las características y especificidades de los mercados nacionales, con objeto de facilitar la creación de un mercado mayorista eficaz y transparente en su funcionamiento.

El reglamento 994/2010/CE estipula disposiciones destinadas a garantizar el suministro de gas natural, asegurando el funcionamiento continuo del mercado interior y permitiendo la aplicación de medidas excepcionales cuando el mercado no pueda seguir aportando los suministros de gas, y facilita una definición y

¹³ Véase el document de CLEVER (Clean Vehicle Research), *Consumer Behavior for Purchasing Cars*; Vrije Universiteit Brussel; Dept. Mobility and Automotive Technology Research Group. de C. Macharis.

atribución clara de responsabilidades entre las empresas, los Estados Miembro y la UE, tanto en lo que se refiere a medidas preventivas como a reacciones ante las interrupciones de suministro.

El reglamento 347/2013/CE establece directrices para el desarrollo e interoperatividad de corredores prioritarios e infraestructuras energéticas transeuropeas, en particular, la definición de proyectos de interés común para su implantación, la asignación de costes transfronterizos y las condiciones de elegibilidad para su financiación por la UE.

Con respecto al desarrollo del mercado de combustibles alternativos, el marco de la UE lo constituye la directiva 2014/94/UE sobre despliegue de una infraestructura de combustibles alternativos. Esta directiva establece un marco común para la implantación de una infraestructura de combustibles alternativos en la UE, con objeto de minimizar la dependencia del petróleo y reducir el impacto ambiental del transporte. Define los requerimientos mínimos necesarios para la construcción de dicha infraestructura, incluyendo puntos de recarga para vehículos eléctricos y de repostaje para GLP, gas natural e hidrógeno, para ser implementada por los Estados Miembro mediante planes de acción nacionales.

En lo que se refiere al mercado de carburantes en Italia, éste ha sido objeto de una profunda reforma mediante la ley 59 de 1997, y el Decreto Legislativo 32 de 1998. Este Decreto Legislativo ha reordenado completamente el sistema de distribución de carburantes en la red ordinaria de carreteras y es la base esencial de la reforma del sector. Nuevos elementos de liberalización han sido introducidos posteriormente por el DL 383/99, convertido en la ley 496/99. Finalmente, el artículo 19 de la ley 57/01 (disposiciones en materia de apertura y regulación del mercado) prevé la adopción, por el Ministerio de Industria, de un plan nacional conteniendo las líneas para la modernización del sistema de distribución de carburante por el que se pide a las regiones la realización de planes regionales sobre la base de directrices precisas.

El artículo 83-bis del DL 112/2008 sobre disposiciones urgentes para el desarrollo económico, la simplificación, la competitividad, la estabilización de las finanzas públicas y la igualdad tributaria, convertido en la ley 133/2008, establece disposiciones para la liberalización de la actividad de distribución de carburantes, con objeto de proporcionar respuesta a la Comisión sobre mantenimiento de limitaciones comerciales. La norma veta la subordinación de la instalación y operación de las instalaciones de distribución de carburantes al cierre de plantas existentes y a respetar cuotas numéricas, distancias mínimas entre plantas y entre plantas y actividades comerciales, o la concerniente a limitaciones u obligaciones relativas a la oferta de actividades y servicios integrados en la misma instalación o en la misma área. La norma mantiene la obligación de la presencia de varios tipos de carburantes en la apertura de los nuevos distribuidores.

El D.L. 28/2011 que traspone la directiva europea 2009/28/UE sobre la promoción de la utilización de combustibles renovables. El artículo 8 de este decreto quiere promover la utilización del biometano en el transporte demandando a las regiones simplificar el procedimiento de autorización de la construcción de nuevas plantas de distribución de metano y lo declara de utilidad pública junto con las líneas de conexión a la red de distribución.

El DL 1/2012, convertido en la Ley 27/2012, sobre las disposiciones urgentes para la competencia, desarrollo de infraestructuras y competitividad; en el artículo 17 provee medidas para la liberación de la distribución de carburantes y en el párrafo 10 de dicho artículo atribuye al Ministerio del Interior, en concierto con el Ministerio de Industria, la posibilidad de especificar criterios y modos para el autoservicio en las plantas de distribución de gas natural y de GLP, en las plantas domésticas de compresión de metano, así como en las de suministro simultáneo de carburantes líquidos y gaseosos (metano y GLP) en las plantas multiproducto. Tales criterios, enumerados en el D.M. de 31 de marzo de 2014, prevén la posibilidad, previa adecuación de la planta de distribución a las nuevas disposiciones, de efectuar el suministro de metano y de GLP en la modalidad de autoservicio en el horario de apertura en plantas con presencia y en plantas sin presencia. En este segundo caso, con algunas restricciones: a) la planta debe estar dotada de un sistema de video-vigilancia con registro; b) el cliente que efectúa el servicio debe estar autorizado previamente mediante la activación de una tarjeta especial con reconocimiento electrónico (nominada y ligada al vehículo) que será emitida por el gestor, previa verificación de los requisitos técnicos del vehículo y de los sistemas en él instalados. Además, el usuario debe recibir instrucción adecuada sobre la modalidad de autoservicio, incluyendo una demostración práctica y el envío de una hoja informativa.

Para el desarrollo de la red de distribución de gas natural, adquiere especial importancia la disposición contenida en el DDL¹⁴ (borrador de Decreto Ley) Competencia, aún en examen parlamentario, que en el artículo 35 reitera la necesidad / obligatoriedad de desarrollar la red nacional de combustibles alternativos asegurando la presencia simultánea de varios tipos de combustibles en las nuevas plantas de distribución, siempre que no haya obstáculos técnico-económicos para la instalación o para el funcionamiento de la misma.

Corresponde al Ministerio de Industria escuchar, entre otros, a la Autoridad de la Competencia y de la Conferencia Estado-Regiones, sobre la identificación de estas barreras técnicas, o de cargas económicas excesivas y desproporcionadas, teniendo en cuenta las necesidades de desarrollo del mercado de combustibles alternativos con arreglo Directiva de la UE 2014/94 sobre la creación de una infraestructura para combustibles alternativos).

¹⁴ No se señala fecha al tratarse de un borrador aún pendiente de aprobación.

4.4. El gas natural en el transporte por carretera en otros países europeos

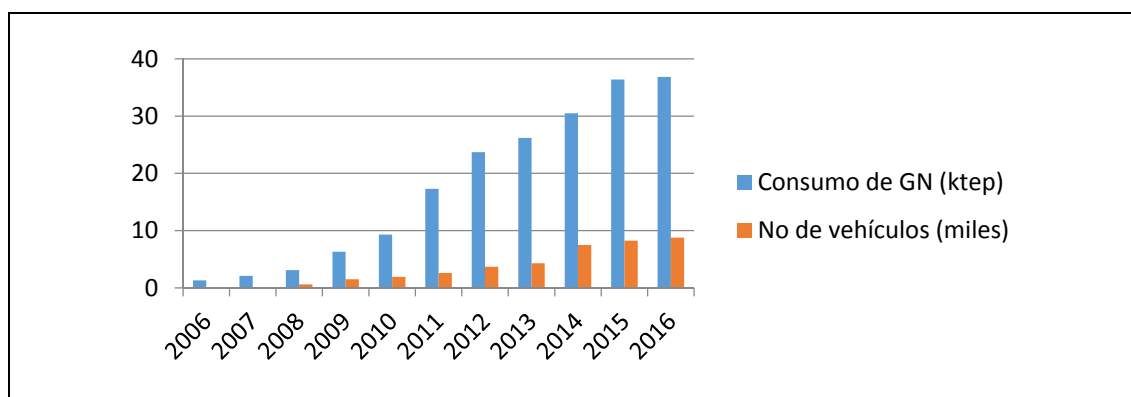
4.4.1. Holanda

Holanda es el mayor productor de gas natural de la UE, sin embargo el desarrollo del gas natural en el transporte es relativamente reciente; se inició en a partir de 2005 con la construcción de las instalaciones de recarga de GNC. Tras el programa de estímulo del Gobierno, en 2011, para coches de empresa, el consumo de gas natural creció a una tasa media anual de un 30% y el número de vehículos a gas aumentó de 4.000 a 11.000. Sin embargo, el consumo de gas natural en el transporte no supera el 0,2% del consumo total de energía y el 0,15% del número de vehículos. Así, si se exceptúan los programas de estímulo aprobados en los últimos años no existe previsión de aumento de la red de distribución de gas natural ya la que la red actual de 145 estaciones de suministro se considera suficiente.

Holanda a través del Acuerdo Energético impulsado por el Consejo Económico y Social y los agentes interesados (SER Agreement) considera el uso del gas natural en vehículos ligeros como una solución transitoria para promover la utilización del biogás (un aspecto importante a destacar el elevado peso del biometano, un 65%, en el gas natural distribuido en las estaciones de servicio), así como GNL en el transporte de mercancías y en la navegación. A su vez el Acuerdo Energético promueve la electrificación del transporte, en particular de la movilidad en lo que respecta al vehículo privado y al transporte público.

En Holanda el consumo de gas natural en el transporte se ha estabilizado en los últimos dos años y el número de matriculaciones de nuevos vehículos se ha reducido a partir de 2014, cuando alcanzó un máximo de 3.165 vehículos, de tal manera que el número total de vehículos ha crecido muy ligeramente desde ese año (ver gráfico siguiente). Ello posiblemente es debido a la inexistencia de incentivos a la compra de vehículos de gas y a la reducción de los precios de los combustibles convencionales a partir de la segunda mitad de 2014.

GRÁFICO 32. Evolución del número total de vehículos a gas natural y consumo de gas en automoción en Holanda



Nota: Considérese que 1 bcm de gas natural equivale a 1,006 Mtep, siendo este un valor aproximado al depender de la composición del gas natural.

Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017) y (NGVA Europe, 2017).

En Holanda los impuestos sobre la propiedad de los vehículos (matriculación, circulación, y sobre la renta para el uso privado de vehículos de empresa) se realizan en función de las emisiones de CO₂ del vehículo. Así los vehículos de emisiones cero (eléctricos de batería) están exentos del impuesto de matriculación. Para los restantes vehículos el impuesto es progresivo en función de las emisiones de CO₂, existiendo cinco niveles. Los híbridos enchufables van al nivel 1: de 1 a 79 gCO₂/km, pagan 6€ por gramo de CO₂. La mayoría de los vehículos a gas del mercado irían en el nivel 2: de 80 a 106 gCO₂/km, y pagan 69€ por gramo; el tramo final es para los vehículos con emisiones mayores de 174 gCO₂/km y pagan 476 €/g.

Los vehículos de emisiones cero están exentos del pago del impuesto de circulación, los vehículos con emisiones menores de 51 gCO₂/km (los híbridos enchufables) pagan el 50% y el resto no disponen de reducción.

Un aspecto importante es el impuesto sobre la renta¹⁵ por el uso privado de vehículos de empresa. Esto tiene lugar mediante la imposición de una carga entre el 4 y 25% sobre el precio de catálogo. Los vehículos de cero emisiones pagan el 4%, los de emisiones menores de 51 gCO₂/km pagan el 15%, los de emisiones entre 51 y 106 gCO₂/km (en este grupo se encontrarían la mayoría de los vehículos de gas del mercado) pagan el 21%, los restantes el 25%.

En definitiva, los vehículos a gas natural gozan sólo de beneficios fiscales reducidos. El impuesto sobre la energía del gas natural, aunque considerablemente inferior al de los combustibles convencionales, se mantiene superior al mínimo estipulado por la UE y no disfruta de la reducción o exención de que disfruta en otros países como Italia o España.

4.4.2. Alemania

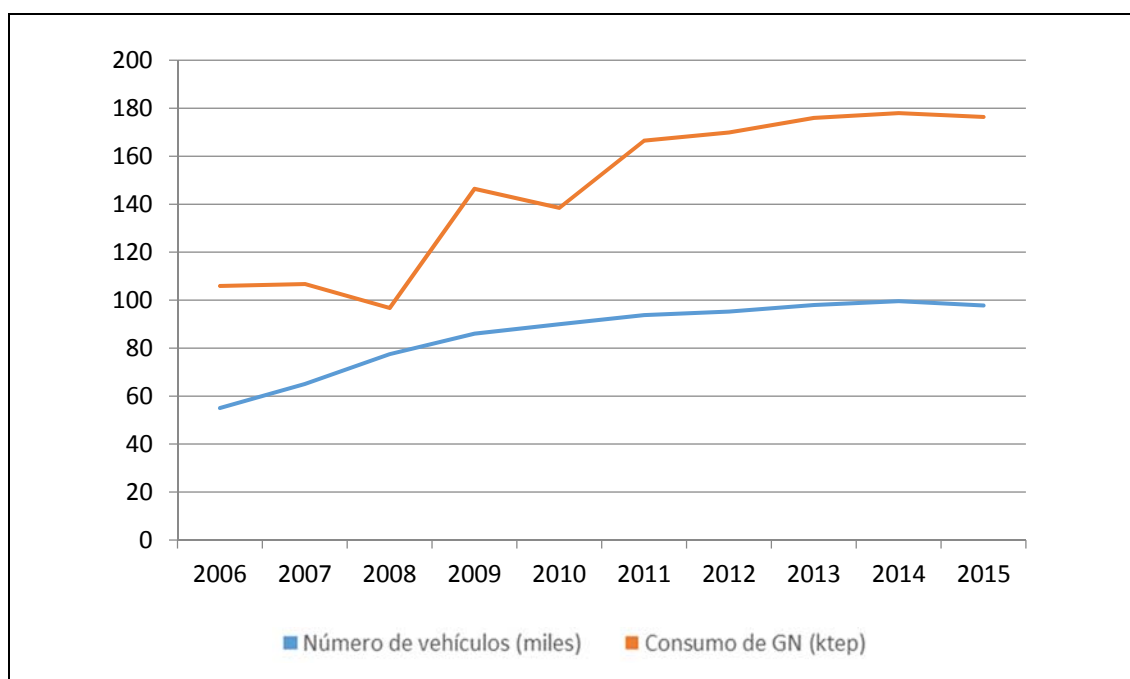
Alemania, como parte de la estrategia de reducción de la dependencia del petróleo del sector transporte, estableció en el año 2010 la iniciativa “Initiative Erdgasmobilität” (Iniciativa para la Movilidad Basada en Gas Natural), coordinada por DENA (Agencia Alemana de Energía), con objeto de eliminar las restricciones del mercado existentes e incrementar el peso del gas natural, incluido el biogás, en el consumo total de combustibles en el transporte desde el 0,4% hasta el 4% en 2020. Este objetivo significaría alcanzar, de acuerdo con los datos actuales, un número de vehículos de gas natural de dos millones, equivalente a un 4,5% del parque total de vehículos ligeros, y un total de 1.300 estaciones de servicio.

Las proyecciones respecto a las ventas y la evolución del número de vehículos no se alcanzaron: en 2014 las ventas de vehículos nuevos a gas natural crecieron un 2,5 % frente al 2,8% del año anterior, mientras que en 2015 descendieron un 35%.

¹⁵ Equivalente al IRPF (Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas).

A partir del año 2014, la reducción del precio de los combustibles convencionales y la falta de confirmación de la reducción del impuesto sobre la energía, provocó la reducción de las ventas y la estabilización del número total de vehículos a gas y del consumo, a pesar del aumento de la oferta de vehículos nuevos en el mercado (ver gráfico siguiente). Por tanto, para aumentar el número de vehículos y la utilización del gas natural se requieren nuevas iniciativas políticas.

GRÁFICO 33. Evolución del número total de vehículos a gas natural y consumo de gas en automoción en Alemania



Nota: considérese que 1 bcm de gas natural equivale a 1,006 Mtep, siendo este un valor aproximado al depender de la composición del gas natural.

Fuente: elaboración propia a partir de Eurostat (2015).

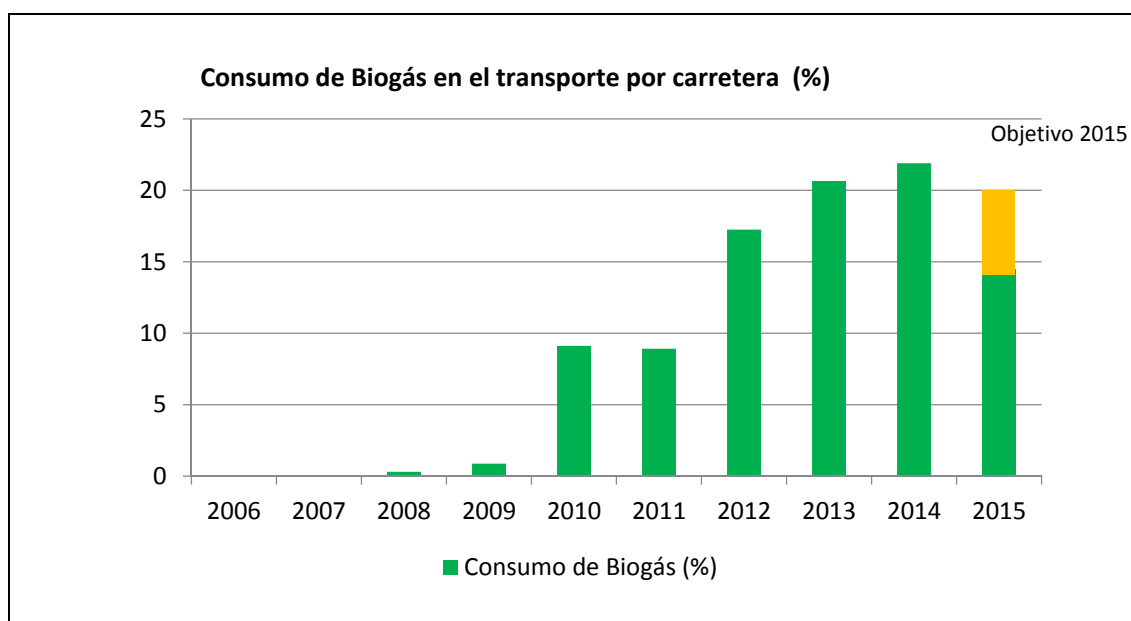
El gobierno alemán no contempla ningún incentivo a la compra de vehículos a gas. Sin embargo, en el marco de Programa de Acción para la Protección del Clima 2020 (Aktionsprogramms Klimaschutz 2020) de 2014, el gobierno ha decidido llevar a cabo medidas adicionales en el ámbito del transporte. Estas pretenden reforzar el uso del GNL como combustible en la navegación interior y marítima así como en el transporte pesado por carretera. El programa contempla la reducción del impuesto sobre la energía para el gas natural a partir de 2018. El GNC, GNL y los GLP tienen condiciones favorables con dicha reducción, aunque por tiempo limitado. Por ello, para la continuación de esta medida, el Parlamento Alemán ha aprobado una resolución en julio de 2015, requiriendo al gobierno que establezca la normativa para que continúe la reducción de impuesto, incluyendo el soporte financiero necesario para asegurar la existencia de la red de estaciones de servicio de GNC y la instalación de las nuevas de GNL. La ley se encuentra actualmente pendiente de votación en el Parlamento. El gobierno alemán está trabajando con la Plataforma del GNL en el transporte por carretera, y con la colaboración de la industria de

automoción y otros *stakeholders*, para desarrollar medidas para alcanzar la mencionada contribución del gas natural del 4% al *mix* energético del transporte por carretera en 2020.

Dentro de las medidas analizadas se contemplan las siguientes: a) promover la instalación de estaciones de servicio de GNL en función de la producción de biogás y de gas natural sintético; b) promover la conversión de las estaciones de servicio de GNC para el abastecimiento los vehículos de pasajeros y vehículos comerciales; c) establecer precios para los peajes de la red de gas natural; d) promover estaciones de servicio semi-públicas para los operadores de flotas; y e) establecer derechos especiales para vehículos comerciales que operen con GNC / GNL.

Como se ve, en la estrategia de impulso al gas natural en el transporte tiene importancia la utilización de biometano conjuntamente con el gas natural. A este respecto, se debe señalar que la evolución del peso del biometano en el consumo ha sido positiva, ya que creció desde el 4%, en 2004, hasta el 15% en 2012, alcanzando el 21,6% en 2013 (ver gráfico siguiente). El biometano, bien como tal o en mezcla con el gas natural, está disponible en el 36% de las estaciones de servicio (DENA, 2015).

GRÁFICO 34. Cantidad de biometano mezclado en el gas natural utilizado en el transporte en Alemania

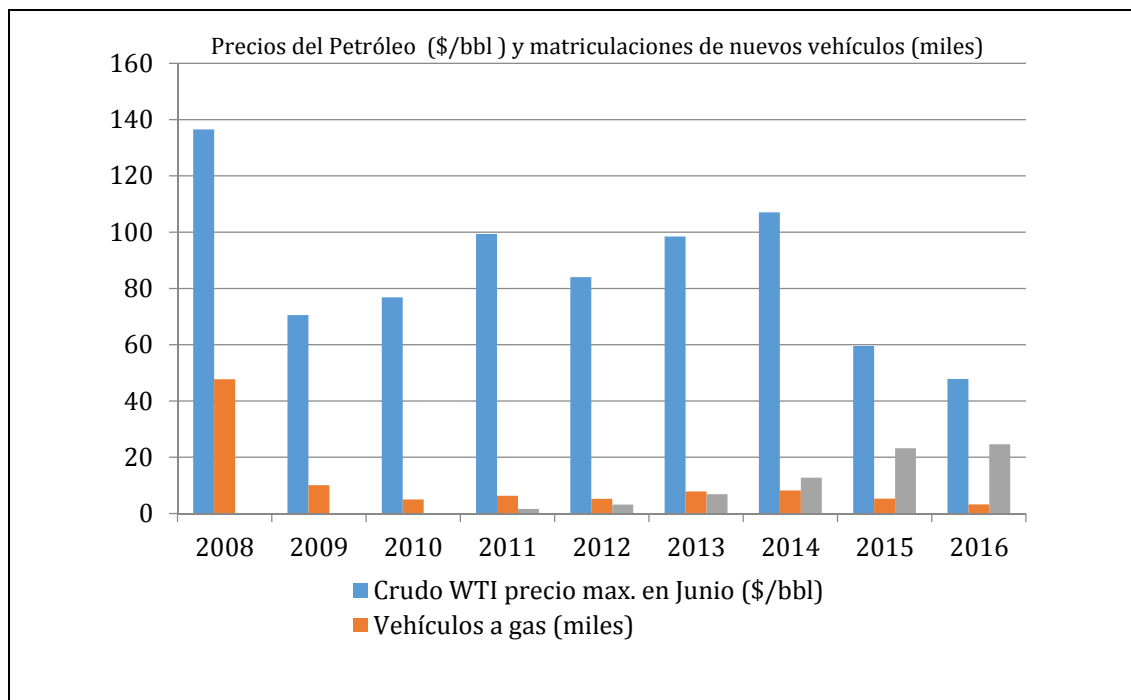


Fuente: elaboración propia a partir de Eurostat (2015).

De todas formas el consumo de gas en el transporte en Alemania se ha estabilizado (ver gráfico anterior) en los últimos años y la matriculación anual de vehículos a gas natural se ha reducido a una tasa anual del 37% en los últimos dos años, previsiblemente debido a la caída de los precios del petróleo y a la reducción del diferencial respecto al gas natural, y la falta de clarificación respecto al mantenimiento de la reducción el impuesto sobre la energía (ver gráfico siguiente).

Sin embargo, la matriculación de vehículos eléctricos creció a partir del año 2010, lo que se verá en el capítulo 5.

GRÁFICO 35. Evolución del precio del petróleo (precio máximo a mitad de cada año) y de la matriculación de vehículos a gas y eléctricos



Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017).

4.4.3. Suecia

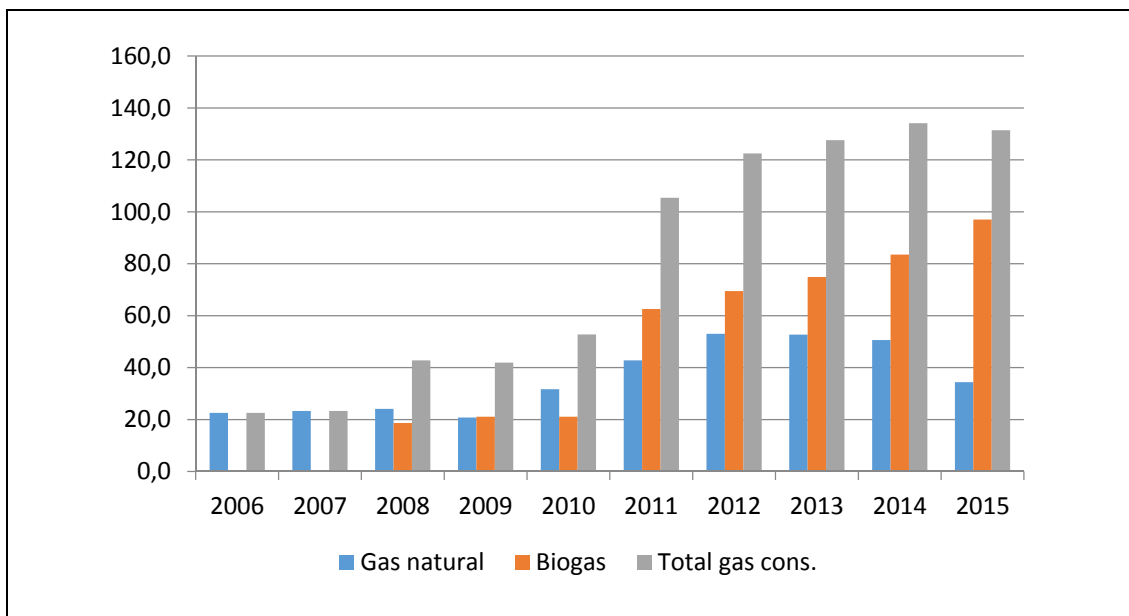
El gas representa 1,8% del consumo total de energía en el transporte por carretera en Suecia. En Suecia hay 52.000 vehículos que operan con gas y 205 estaciones de servicio públicas en 2016 (NGVA Europe, 2016). Existen 2.300 autobuses, que representan el 15% de toda la flota¹⁶ y 40% del consumo total de gas. El consumo de gas natural en el transporte por carretera se ha estabilizado en los últimos años, al igual que las ventas anuales de vehículos a gas natural (ver gráficos siguientes).

Suecia es impulsora de la utilización de biometano en el transporte. El biometano se purifica para su introducción en la red y está disponible en el 60% de las estaciones de servicio y su peso en el consumo ha alcanzado, en 2015, el 74% del consumo total de gas natural en el transporte.

En lo que respecta al GNL, se promueve su utilización del GNL en el transporte de mercancías, actualmente existen 5 estaciones de recarga y están programadas otras dos, con un consumo previsto a 2030 de unas 750 ktep. La navegación es igualmente otro de los objetivos para impulsar el mercado de GNL, para ello se dispone de 3 estaciones de suministro en puerto y hay programadas otras cuatro.

¹⁶ Véase *Energikontor Sydost; Biogas Sydost* por H. Johansson.

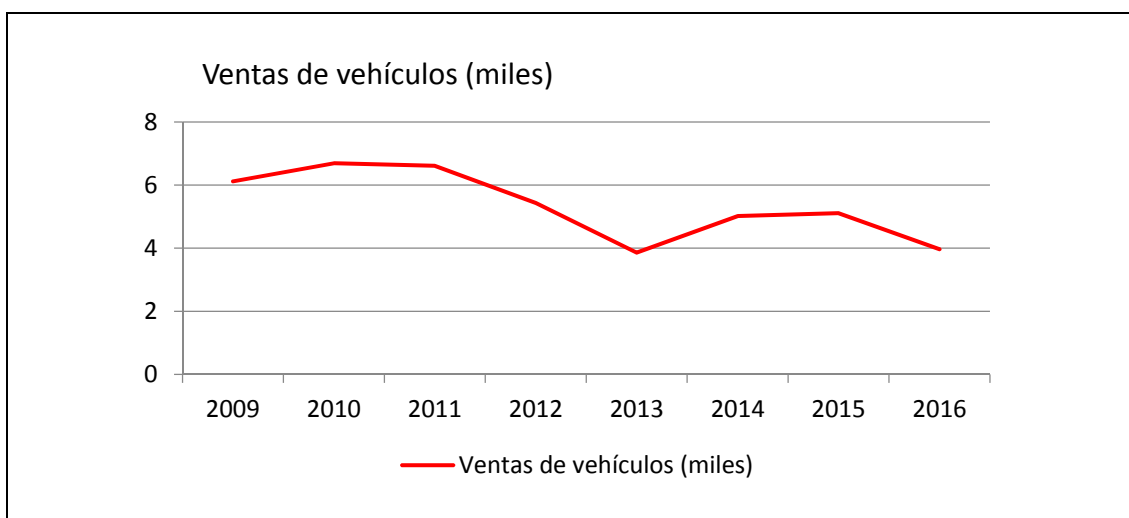
GRÁFICO 36. Consumo de gas natural y de biogás en el transporte por carretera en Suecia



Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017).

En el siguiente gráfico se puede apreciar como las ventas de vehículos son estables o cae según al año, pero no ha crecido en los últimos seis años.

GRÁFICO 37. Evolución de las ventas de vehículos a gas natural en Suecia



Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017).

El parlamento sueco ha aceptado el objetivo ambicioso, propuesto por el gobierno, de alcanzar una flota de vehículos que no dependa de los combustibles fósiles en 2030 (Gobierno de Suecia, 2009). Este objetivo es un primer paso hacia el objetivo más amplio de alcanzar cero emisiones netas de CO₂ en 2050. El gobierno propuso una definición para flota de vehículos no dependiente de combustibles fósiles así como las políticas necesarias para la consecución del objetivo. La definición propuesta refiere a: a) flota que puede operar sin utilizar combustibles fósiles; y b) las energías libres de combustibles fósiles deben estar disponibles en cantidad

suficiente (Gobierno de Suecia, 2013). Esta definición admite, por tanto, que la consecución del objetivo ha de basarse en los biocombustibles y la energía eléctrica.

El gobierno ha propuesto un nuevo marco de acción sobre el clima, en marzo de 2017, con nuevos objetivos, y se espera que la nueva ley sea aprobada. Los nuevos objetivos establecen alcanzar cero emisiones netas de GEI en 2045 con objetivos parciales a 2030. Dentro de estos, reconociendo la importancia del objetivo de 2009, se establece que las emisiones del transporte han de reducirse un 70% en 2030 con referencia al 2010.

Por tanto el gobierno ha de desarrollar medidas políticas para la consecución de estos objetivos mencionados. Dentro de estas medidas, la de mayor influencia son los impuestos sobre la energía y el CO₂ (ver tabla siguiente). Además de los impuestos especificados en la tabla, se añade un IVA del 25% a cada combustible, de tal forma que los impuestos representan el mayor peso en el precio final de los mismos.

TABLA 12. Impuestos sobre la energía y el CO₂ a los combustibles en Suecia (abril 2017)

Combustible	Impuesto sobre la energía (SEK/l)/(SEK/m ³)	Impuesto sobre el CO ₂ (SEK/l)/(SEK/m ³)	Total (SEK/l)/(SEK/m ³)
Gasolina	3,88	2,62	6,50
Diésel	2,49	3,24	5,73
Gas natural	0	2,42	2,42
Biogás	0	0	0
Etanol	0,47	0	0,47
E85	0,31	0	0,31
Biodiesel (FAME)	1,59	0	1,59
Biodiesel (FAME)*	0,92	0	0,92
HVO	0	0	0

Nota: (*) biodiesel con alto contenido en FAME.

Fuente: (Skatteverket, 2017).

Dado que las reducciones o exenciones de impuestos a los biocombustibles son consideradas ayuda estatal por la UE si los biocombustibles son más baratos de producir que los combustibles convencionales, los impuestos a los biocombustibles se revisan anualmente por la Agencia Sueca de la Energía.

El biogás para el transporte está exento del impuesto sobre la energía, dado que sus costes de producción son más altos que el precio del gas natural. Esta medida se revisó anualmente hasta el 2015, pero a partir de 2016 aprobó por un periodo más largo, desde 1 de Enero de 2016 hasta 31 de Diciembre de 2015.

Con respecto a los incentivos a la compra, la medida política denominada *bonus-malus*, aprobada por el gobierno en 2016 para que sea de aplicación a partir del 1 de enero de 2018, incentiva la compra de cierto tipo de vehículos de bajas emisiones y desincentiva la compra de otros mediante un impuesto. Esta medida aplica a

vehículos personales, autobuses y camiones ligeros de menos de 3.500 kg de peso. El *bonus* se aplicará a vehículos con cero o bajas emisiones, distingue entre vehículos sin emisiones, los que emiten menos de 35 g CO₂/km, y los que emiten menos de 50 g CO₂/km. En cuanto al impuesto, además de distinguir entre vehículos que operan con biocombustibles y los que operan con combustibles convencionales, es proporcional a la emisión de CO₂ a partir de un cierto valor.

La medida *bonus-malus* parece estar orientada a promover la compra de vehículos eléctricos ya que el límite de emisión fijado para el *bonus* es tan bajo que ni los vehículos híbridos ni los de biocombustibles pueden acceder al mismo.

La propuesta, modificada en marzo de 2017 para que entre en vigor en 2018, premia con *bonus* entre 45.000 y 7.500 SEK¹⁷ a los vehículos con emisiones inferiores a 60 gCO₂/km; los vehículos a gas recibirán un *bonus* de 7.500 SEK.

En lo que respecta al impuesto de circulación se incrementará durante tres años para los vehículos diésel y gasolina a 77 SEK/gCO₂ para las emisiones certificadas que excedan de 95 gCO₂/km y 100 SEK/gCO₂ para los que excedan de 140 gCO₂/km. Después de tres años el impuesto se reducirá a 22 SEK/gCO₂. Los vehículos a gas y etanol no serán penalizados pero devengarán el impuesto normal por emisiones de 11 SEK/gCO₂.

Como se ve, el sistema propuesto favorece la adquisición y el desarrollo de vehículos eléctricos, tanto eléctricos de batería como híbridos enchufables. En cuanto a los vehículos a gas, aunque no entran en la categoría del *malus*, reciben un incentivo limitado, por lo que parece que se pretende distinguir los vehículos eléctricos de los que pueden tener la opción de utilizar combustibles de origen fósil.

¹⁷ 1 EUR = 9.5446 SEK (Google Finance, 2017).

5. LA ELECTRICIDAD COMO ENERGÍA EN EL TRANSPORTE

En el entorno geográfico de España, si bien el país que destaca en gas natural vehicular es Italia, en la movilidad eléctrica sobresale Francia. Por tanto, este capítulo se centrará en el país francés como caso de referencia, sin dejar de analizar otros países europeos, como Alemania, Holanda, Noruega y Suecia, que también presentan características de interés de penetración del vehículo eléctrico.

5.1. Panorámica global

En el panorama global del vehículo eléctrico, según el *Global EV Outlook 2017* de la Agencia Internacional de la Energía (AIE, 2017), Francia es uno de los principales mercados del mundo para vehículos eléctricos¹⁸, tanto de batería (BEV) como híbridos enchufables (PHEV).

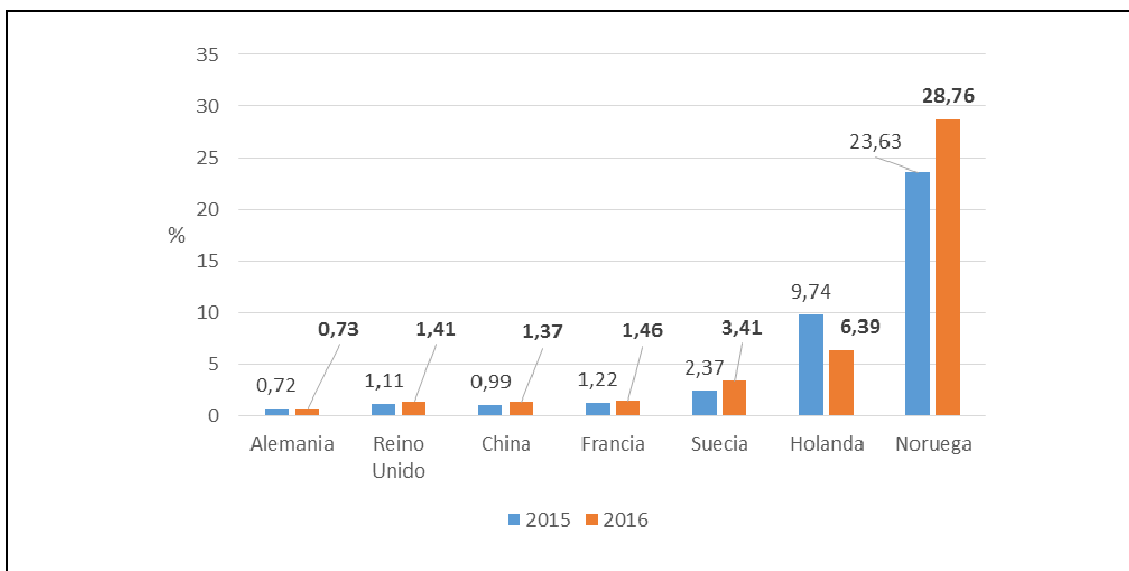
Esto tiene lugar en una situación de crecimiento global en la que se ha logrado superar la cifra del millón de vehículos eléctricos en el mundo en 2015, y en tan solo un año más se han alcanzado los dos millones en 2016, tras un crecimiento continuado desde 2010.

En relación con las ventas para lograr estos hitos, en el año 2015 Francia fue uno de los siete países en los que la venta de vehículos eléctricos sobre el total de vehículos superó el 1% (1,2%). Sin embargo, otros países europeos le superaban. Noruega era líder global con un 23,6% de sus ventas, seguido de Holanda un 9,7% (líder de la UE), y también le superaba Suecia con un 2,4%. Por otra parte, Francia se encontraba por delante de Alemania y Reino Unido en Europa, y en el mundo, Francia estaba por delante de China. En su conjunto, las ventas anuales de Francia supusieron un incremento del 75% en 2015 respecto a 2014, algo sólo atribuible a otros seis países.

Esta “jerarquía” se ha mantenido en el año 2016 aunque con ligeras variaciones (ver gráfico siguiente). Así, en ese año no han sido siete, sino seis, los países que han logrado superar dicho 1%, que son los que se muestran en el siguiente gráfico, junto con Alemania. En general todos estos países incrementan respecto a 2015 su tasa de penetración del vehículo eléctrico, a excepción de Holanda que la reduce, aunque prácticamente dobla al siguiente en la lista, Suecia, y Alemania por su parte apenas presenta cambios.

¹⁸ Se entiende por vehículo eléctrico (VE) tanto los vehículos eléctricos de batería (BEV) como los vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV). El primero de ellos se propulsa únicamente mediante energía eléctrica obtenida de la red, mientras que el segundo compagina esta propulsión con un motor de combustión interna cuando se agota la autonomía eléctrica. Un tercer elemento del grupo del VE podrían ser los vehículos eléctricos de autonomía extendida (REEV), no considerados en este trabajo por su menor penetración.

GRÁFICO 38. Porcentaje de ventas de vehículos eléctricos en los mercados nacionales de los países que en 2015 y 2016 superaron el 1% (y Alemania)



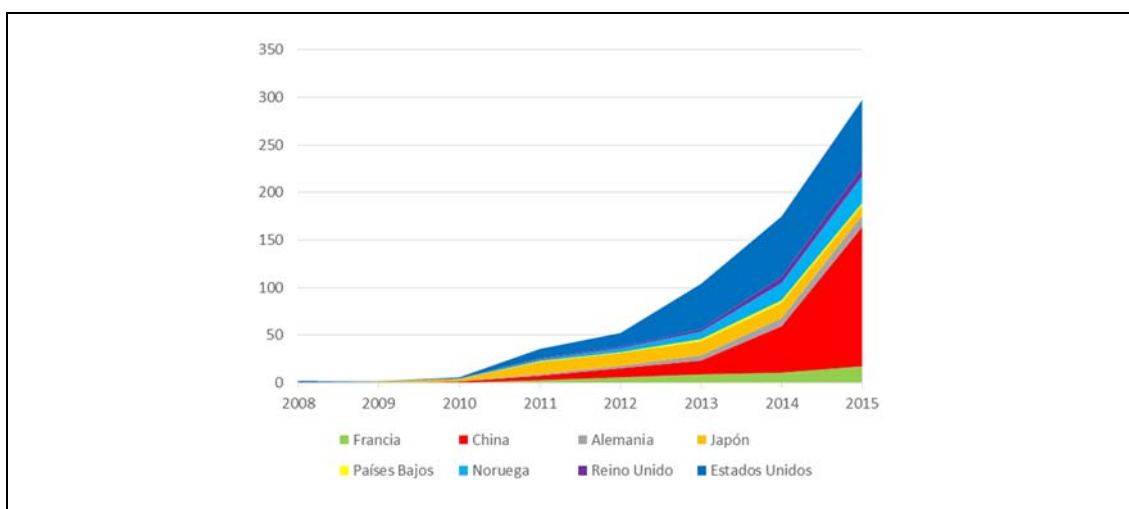
Nota: Se incluye Alemania por ser objeto de este estudio. La AIE indica que en 2015 Dinamarca superó el 1%.

Fuente: elaboración propia a partir de (AIE, 2017).

El mercado global del vehículo eléctrico se reparte entre un pequeño grupo de países. Por un lado, Francia junto con los otros cinco países europeos mostrados en el gráfico (Noruega, Holanda, Suecia, Reino Unido y Alemania) y por otro, China, Estados Unidos, Canadá y Japón. Estos diez países han supuesto en 2016 el 95% de las ventas del mundo. En el año 2015 eran ocho países los que suponían el 90% de las ventas.

El crecimiento de las ventas de estos en los últimos años se puede ver en los siguientes gráficos, tanto para vehículos eléctricos de batería como para híbridos enchufables.

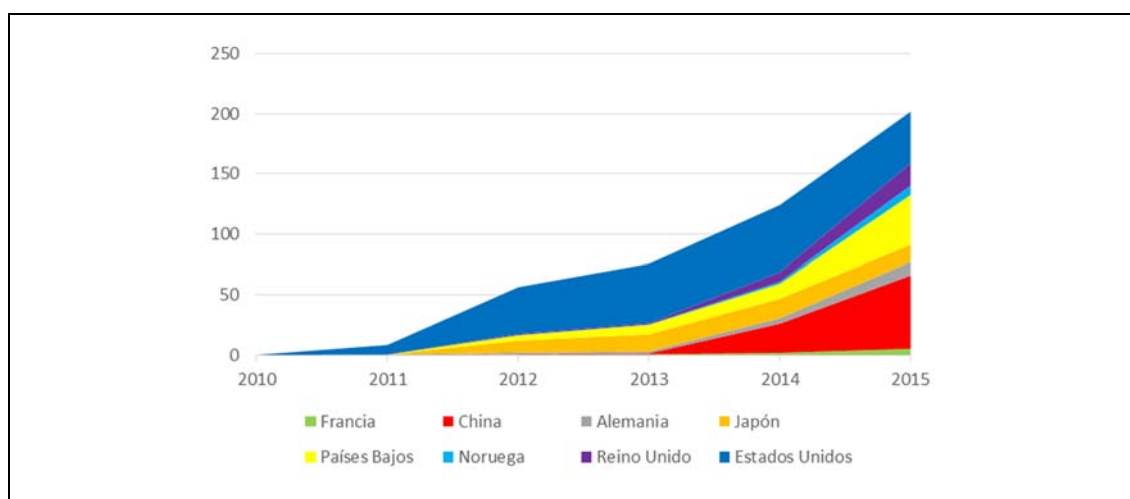
GRÁFICO 39. Evolución de las matriculaciones de vehículos eléctricos de batería en los ocho mercados/países principales (miles de vehículos)



Fuente: elaboración propia a partir de (AIE, 2016).

En el siguiente gráfico se muestran las matriculaciones de vehículos híbridos enchufables (PHEV), que comparadas con las anteriores, muestran que en ciertos países, como en Holanda o Reino Unido, los PHEV tienen una mayor penetración, mientras que en Alemania las ventas son similares. Como se verá más adelante, éste también es el caso de Suecia. Puede advertirse que en el año 2015 los BEV duplican a los PHEV.

GRÁFICO 40. Evolución de las matriculaciones de vehículos híbridos enchufables en los ocho principales mercados (miles de vehículos)



Fuente: elaboración propia a partir de (AIE, 2016).

Del parque mundial de vehículos, en el año 2015 casi un tercio estaba en Europa. Del total mundial, Francia supuso entre el 13% y el 14% (igual que Reino Unido y Alemania), lo que de nuevo le sitúa por detrás de Holanda (23%) y Noruega (18%). Europa superaba en flota a China, que era el 25% del total (36% en toda Asia) pero se situaba por detrás del 34% de Estados Unidos (AIE, 2016).

En cuanto a su actividad internacional, cabe mencionar que Francia forma parte de uno de los dieciséis gobiernos que se engloban en la Iniciativa del Vehículo Eléctrico (EVI o *Electric Vehicle Initiative* en inglés). Otros países considerados en este estudio, como son Noruega, Holanda, Suecia y Alemania¹⁹, también forman parte de esta importante organización²⁰ de cooperación entre naciones interesadas en el desarrollo de la movilidad eléctrica, que pretende alcanzar un parque global de veinte millones de vehículos eléctricos en 2020 (CEM-EVI, 2017).

¹⁹ España en 2016 no se encontraba entre los miembros de esta organización (AIE, 2017), mientras que sí lo hacía en 2015 (AIE, 2016), lo que implica una pérdida de relevancia en el sector. También ha sido el caso de Italia, Portugal, India, Corea del Sur y Sudáfrica. Así, en cualquier caso, los miembros de la EVI se redujeron de catorce a diez entre 2016 y 2017.

²⁰ Los otros países miembros son Reino Unido, Canadá, China, Japón y Estados Unidos.

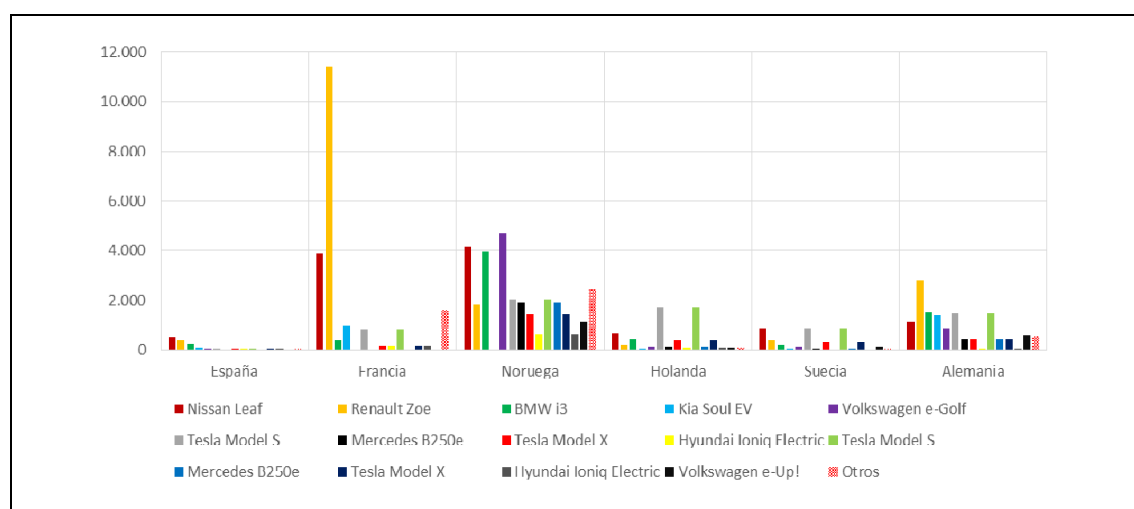
recorrido de 100 km (Thiel et al., 2012). Estas respuestas son similares a las de los consumidores americanos, donde un 45% considera que el vehículo eléctrico es tan bueno, incluso mejor que los de gasolina, aunque sólo un 31% estaría dispuesto a pagar un precio 4.500 \$ superior al de gasolina (Singer, 2016). Sin embargo, existen ciertas diferencias en cuanto a la posibilidad de considerar el vehículo eléctrico como opción en la próxima compra: un 25% en Estados Unidos frente al 39% de la UE.

Con respecto al mercado europeo, es importante destacar que, dentro el mercado de los vehículos eléctricos, el BEV se focaliza en el mercado de vehículos pequeños (el Renault Zoe, con 21.338 unidades vendidas en 2016, es el líder de ventas y el segundo lugar lo ocupa el Nissan Leaf con 18.600 vehículos), mientras en los de tamaño medio y medio-alto el PHEV es el que domina (el Mitsubishi Outlander es el líder del mercado con más de 21.000 unidades vendidas en 2016).

Se puede apreciar la presencia de estos modelos por países en el gráfico siguiente, comparándose al mismo tiempo el volumen bruto de ventas. En este sentido predomina claramente Francia, en donde además coincide con el mercado europeo en la importancia en ventas del Renault Zoe y del Nissan Leaf. En cambio, en otros países el Zoe no alcanza esa importancia, mientras que el Leaf sí mantiene una presencia importante en todos los países.

Llama asimismo la atención que en Francia y Noruega, la categoría “otros” presenta ventas muy altas. Esto quiere decir que estos dos mercados son más heterogéneos que el resto de países; es decir, en Holanda, Suecia, Alemania y España las diez marcas con mayores ventas acumulan más mercado que lo que ocurre en Francia o Noruega.

GRÁFICO 41. Distribución de ventas de los principales modelos de BEV de pasajeros según países en 2016

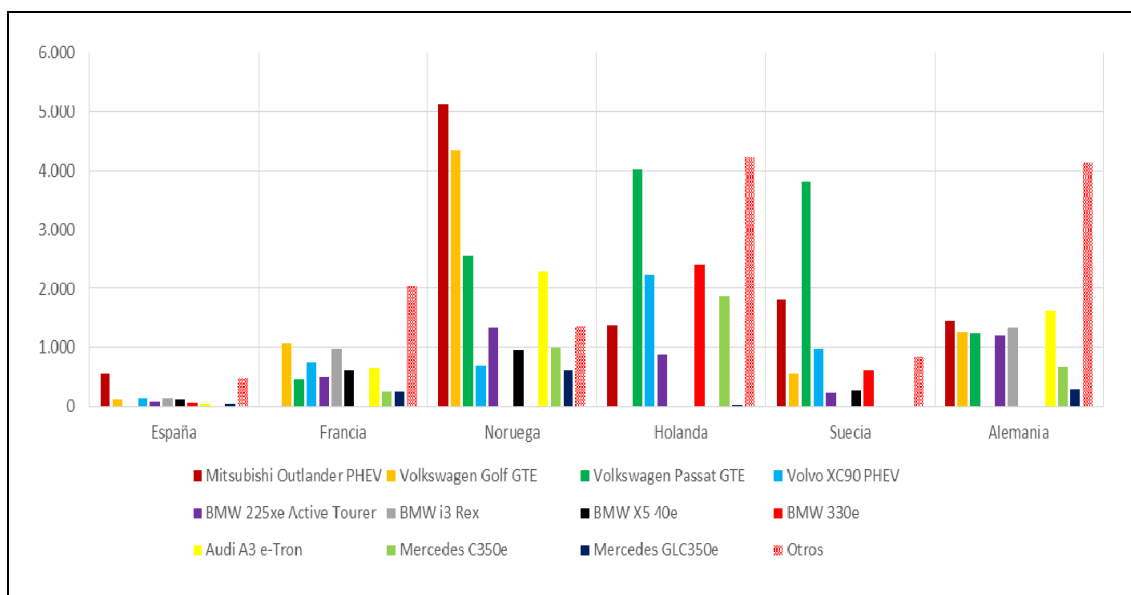


Nota: Algunos modelos no se han incluido por presentar ventas relevantes en menos de la mitad de los países seleccionados; por ejemplo el Bolloré Blue Car (944 ventas en Francia) y otros cinco modelos.

Fuente: elaboración propia a partir de (EAF0, 2017).

En el caso de los mercados de los PHEV, Francia no muestra cifras notables en comparación con Noruega u Holanda. Además se observa también como norma común altas ventas de la categoría “otros”, lo que significa que en general (a excepción de Noruega) el mercado del PHEV es más heterogéneo que el del BEV.

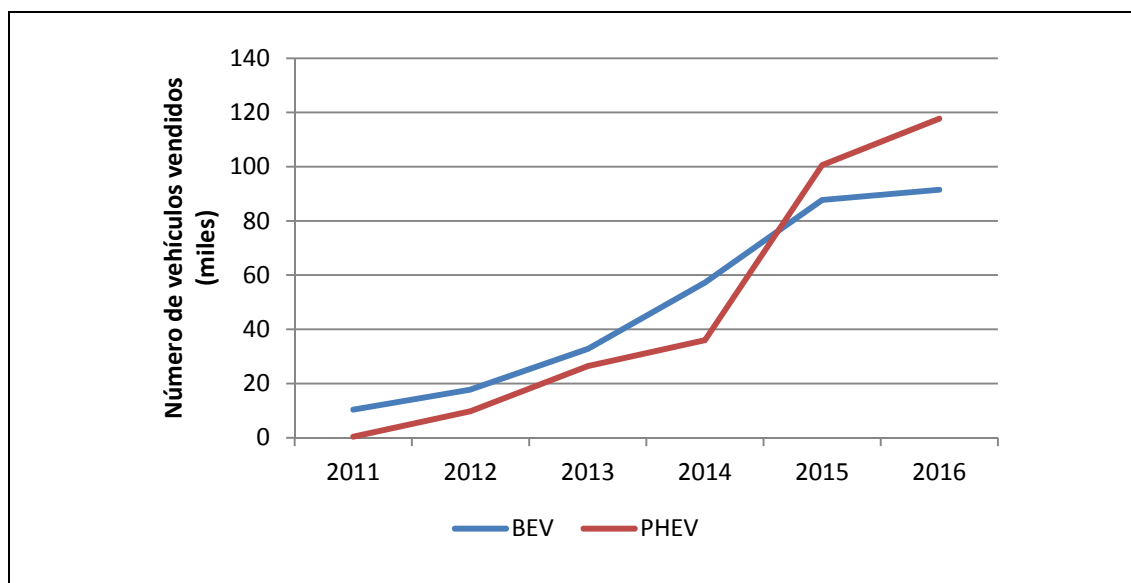
GRÁFICO 42. Distribución de ventas de los principales modelos de PHEV de pasajeros según países en 2016



Nota: Algunos modelos no se han incluido por presentar ventas relevantes en menos de la mitad de los países seleccionados; por ejemplo el Audi Q7 e-Tron (1.594 ventas en Holanda) y otros cinco modelos.

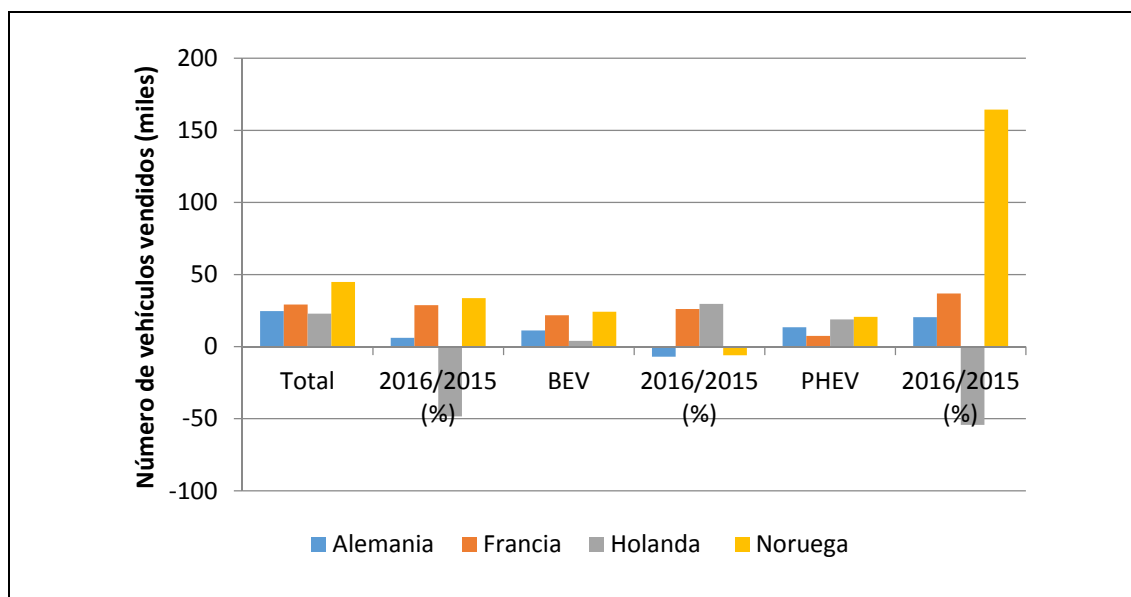
Fuente: elaboración propia a partir de (EAF0, 2017).

Por otro lado, en la Unión Europea el mercado total de vehículos eléctricos se ha repartido aproximadamente por igual, en los dos últimos años, entre los de batería y híbridos enchufables; sin embargo, la tasa de crecimiento media anual en los últimos cuatro años de los híbridos enchufables, de 86,3%, ha superado a la del eléctrico de batería, de 50,6% (ver gráfico siguiente).

GRÁFICO 43. Evolución del número de ventas BEV y PHEV en la UE-28 y Turquía

Fuente: elaboración propia a partir de (EAF0, 2017).

Esta situación de mayor crecimiento de las ventas del PHEV frente a las BEV tiene también lugar no solo a nivel de toda la Unión Europea, sino también en concreto en los principales países europeos que se analizan en este estudio (ver gráfico siguiente).

GRÁFICO 44. Evolución del número de ventas BEV y PHEV y tasas de crecimiento de 2016/2015, en los principales mercados europeos

Fuente: elaboración propia a partir de (EAF0, 2017).

Es importante señalar que aunque el vehículo BEV es considerado como de cero emisiones, y así es considerado por las administraciones públicas para su impulso, la realidad es que sólo es de emisiones cero en un punto de utilización, no así desde

el punto de vista “global”, es decir, desde el sistema energético a la rueda o desde el pozo a la rueda (Álvarez y Menéndez, 2017). Las emisiones del BEV dependen del *mix* de generación eléctrica, del peso de las fuentes libres de carbono: nuclear y renovables. Por ello, tanto a nivel de la UE, así como de los diferentes Estados Miembro, el impulso a la utilización de la energía eléctrica en la movilidad debería ir acompañado del impulso de las energías renovables en el *mix* de generación eléctrica.

5.2. La electricidad en el transporte en Francia

En este capítulo se tomará Francia como país referencia en el desarrollo de la movilidad eléctrica, para el que se evaluarán a lo largo de distintos apartados los aspectos generales, las infraestructuras, los agentes y el marco normativo. Estos apartados pretenden profundizar en el caso de Francia como uno mercado de referencia para los vehículos eléctricos, especialmente en cuanto a tamaño del país en población y en la relevancia de su economía.

La historia reciente del vehículo eléctrico en Francia se puede remontar a 1899, cuando el vehículo apodado *La Jamais Contente* llegó a alcanzar los 100 km/h, siendo el primer vehículo eléctrico en lograrlo. El siguiente hito llega en 1976, cuando el programa PREDIT del Gobierno del país se implementó con el objetivo de desarrollar el I+D+i del vehículo eléctrico (AIE, 2013).

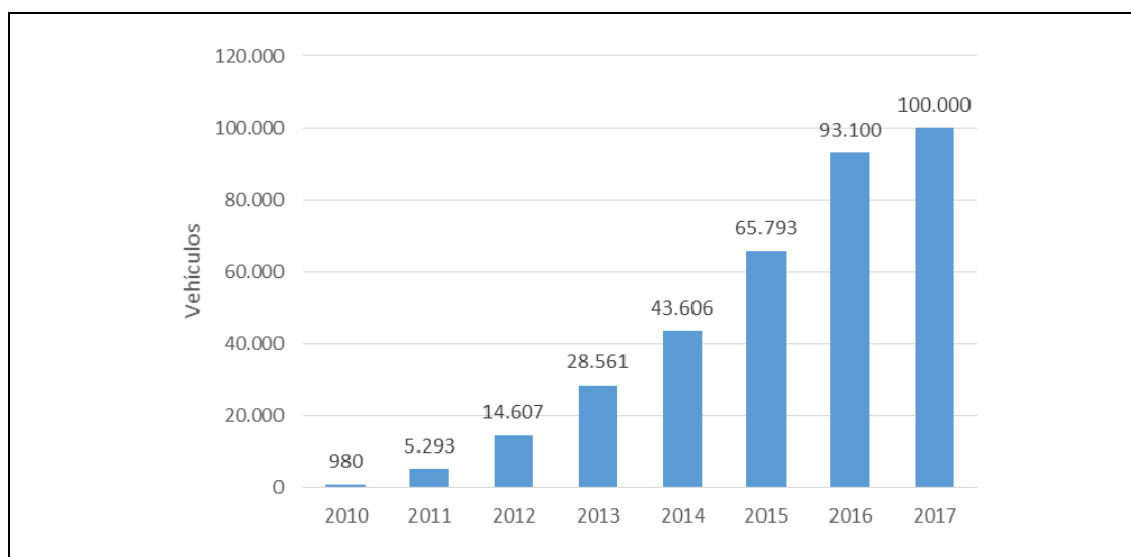
En el año 2011 el Gobierno, mediante el consorcio que gestiona la flota de vehículos propios, se comprometió a la incorporación de 50.000 vehículos eléctricos en cuatro años, en veinte organizaciones públicas y privadas. Posteriormente vino la Ley de Transición Energética y el sistema de incentivos, sobre los que el estudio se detendrá más tarde.

5.2.1. Aspectos generales

En octubre de 2016 la Ministra de Medioambiente, Ségolène Royal, anunciaba que Francia había logrado contar con un parque de vehículos eléctricos de más de 100.000 unidades, tanto BEV como PHEV (Foucaud, 2016), y ya en marzo de 2017 está cifra se alcanzaba solo con vehículos eléctricos de batería (AVERE, 2017b).

Dicho parque se refiere a matriculaciones que se han ido produciendo de vehículos eléctricos a partir de 2010, es decir, de segunda generación y no anteriores. Esto incluye las categorías M1 y N1²¹, si bien excluye los de autonomía extendida y pila de combustible. La evolución de ventas acumuladas se puede ver en el siguiente gráfico.

²¹ Según definió la Directiva 2007/46/CE, la categoría M se refiere a los vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros, siendo M1 aquellos de ocho plazas como máximo (excluida la del conductor) diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros. Por su parte, la categoría N se refiere a vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías, siendo N1 aquellos cuya masa máxima no supere las 3,5 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías (BOE, 2007).

GRÁFICO 45. Evolución de las matriculaciones acumuladas de vehículos eléctricos de batería en Francia (hasta marzo de 2017)

Fuente: reelaborado de (AVERE, 2017b).

Las estadísticas del Observatorio Europeo para los Combustibles Alternativos (EAFO) confirman la superación de las 100.000 unidades de BEV en Francia si se atiende al conjunto formado por vehículos de pasajeros y comerciales ligeros (ver tabla siguiente).

TABLA 13. Vehículos eléctricos en circulación en Francia a mediados de 2017 (pasajeros y comerciales ligeros)

BEV M1	PHEV M1	BEV N1	PHEV N1	Total
80.337	21.462	27.534	13	129.346

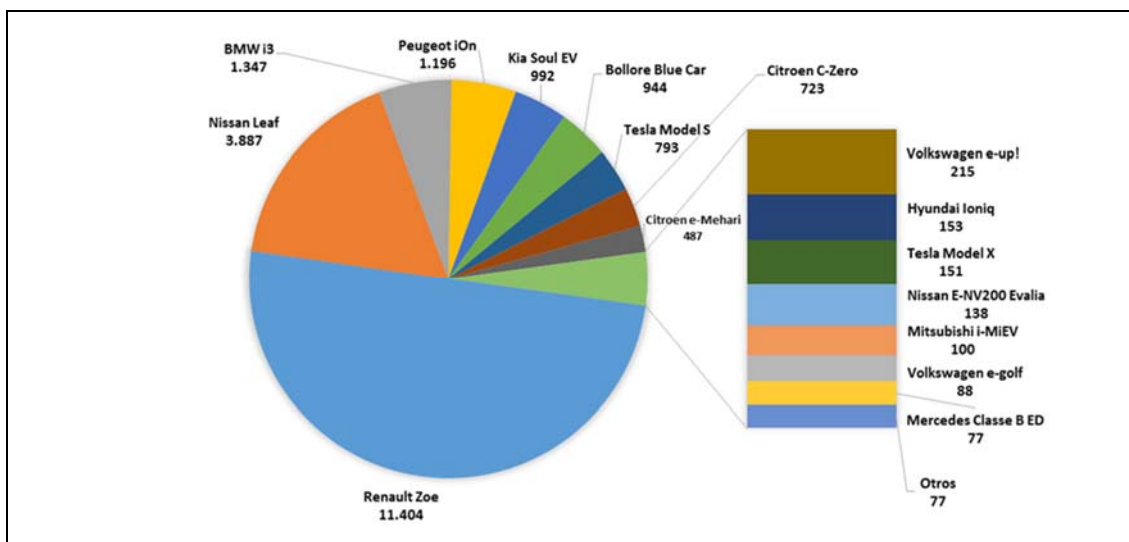
Nota: M1 se refiere a vehículos de pasajeros y N1 a comerciales ligeros.

Fuente: elaboración propia a partir de (EAFO, 2017).

Por otra parte, a mediados de 2017 se anunció que Francia se marcaba como objetivo no tener ventas de vehículos de gasolina y gasóleo para 2040. Para ello, Nicolas Hulot, Ministro de Ecología de Francia del gobierno que sucedió al de Royal, presentó veintitrés medidas políticas que, a pesar de ser “radicales”, podrían llevar a que se realizasen las inversiones necesarias (EnergyMarketPrice, 2017). En base a estos dos anuncios realizados por los ejecutivos franceses, el mercado de vehículos eléctricos en Francia presenta un gran potencial.

En caso de analizar las ventas en el año 2016, en lo que respecta a los vehículos eléctricos de batería particulares, Renault domina las ventas con su modelo ZOE seguido por el i3 de BMW y el LEAF de Nissan.

GRÁFICO 46. Ventas por modelos de vehículos eléctricos de batería (BEV) particulares en 2016



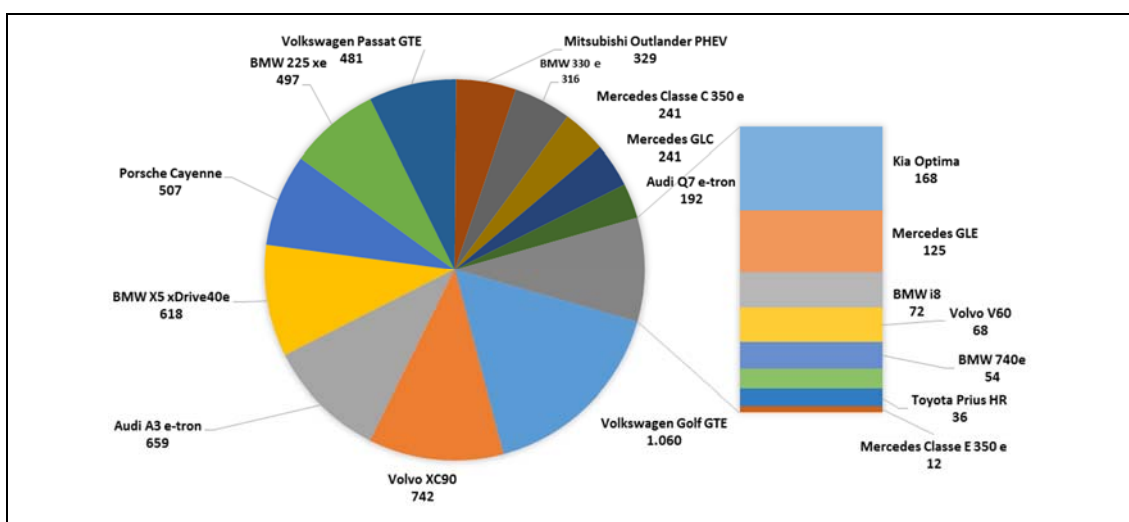
Nota: las ventas de BMW i3 incluyen su variante REX de autonomía extendida (REEV).

Fuente: elaboración propia a partir de (AVERE, 2017a).

En total fueron 21.751 vehículos eléctricos (BEV y PHEV) particulares vendidos en 2016, que suponen un incremento del 26% respecto a 2015²² (AVERE, 2017a). Si se considera el conjunto de unidades, incluyendo tanto particulares como de flotas, las ventas en 2015 ascendieron a 22.187 unidades, un 47,5% superior a las de 2014. De éstas, el 33,7% fueron para flotas de empresas (AVERE, 2016).

En cuanto a los híbridos enchufables, existe una mayor diversidad en las cuotas de ventas según marcas, como puede verse en el gráfico siguiente.

GRÁFICO 47. Ventas por modelos de vehículos híbridos enchufables (PHEV) particulares en 2016



Fuente: elaboración propia a partir de (AVERE, 2017a).

²² Respecto a 2014, el año 2015 implicó un incremento del 64% (AVERE, 2016).

Por regiones, en términos de matriculaciones, en el año 2015, las cinco con mayor número fueron Île-de-France (6.246 matriculaciones), Rhône-Alpes (2.335), PACA²³ (1.682), Aquitaine (1.263) y Pays de la Loire (1.223).

Francia está entre los países en los que se prevé que se superen porcentajes de ventas del 10% de vehículos eléctricos respecto al total de ventas entre 2016 y 2020, lo que sólo se espera en otros cinco países²⁴ (AIE, 2016).

Prácticamente, todos los fabricantes se apoyan en baterías Li-ion para el almacenamiento de energía, y la mayoría de casos tienen sistemas de carga de 3,7 kW (carga convencional), mientras que las potencias superiores son menos comunes.

Los precios de los vehículos varían en función de sus características. En la tabla siguiente, se presentan los precios y características de los principales modelos del mercado francés.

TABLA 14. Precios y características de los modelos de BEV de pasajeros más vendidos en 2016

Modelo	Autonomía (km)	Velocidad máxima (km/h)	Precio (€)	Tipo de conexión para recarga rápida
Renault - Zoe	210 - 400	135	-	-
Nissan Leaf	250	140	25.900	CHAdEMO
Peugeot iOn	150	130	20.900	CHAdEMO
Kia Soul EV	250	145	30.400	CHAdEMO
Tesla Model S	455 - 557	225 - 250	71.200	Tesla SC
BMW i3	190 - 312	150	29.790 - 30.690	CCS
Tesla Model X	413	250	81.000	Tesla SC
Bolloré Blue Car	150 - 250	120	-	-
Citroën C-Zero	150	130	20.900	CHAdEMO
Citroën e-Mehari	100 - 200	110	-	-

Nota: El precio indicado es con batería, incluyendo impuestos y con incentivo deducido. "-" implica información no disponible.

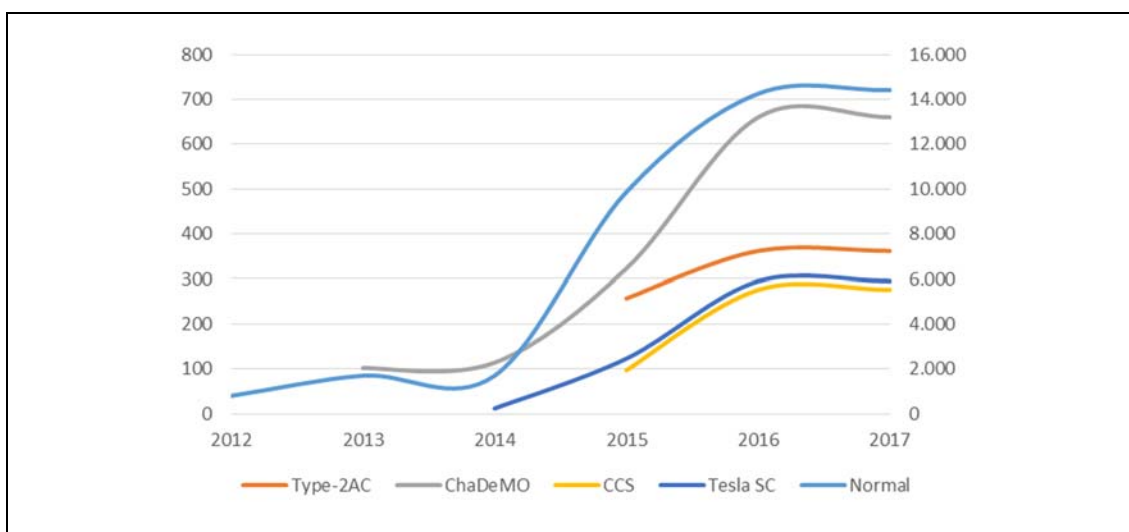
Fuente: elaboración propia a partir de (AVEM, 2017) y (EAFO, 2017).

5.2.2. Infraestructuras

La evolución de la infraestructura de recarga del vehículo eléctrico en Francia es dispar y ha tenido lugar en los últimos años (ver gráfico siguiente). El tipo de recarga normal (menor o igual a 22 kW de potencia) ha sido el más precoz en su desarrollo, dado que es la forma más básica de carga, si bien su crecimiento ha sido más acusado a partir de 2014 (ver gráfico siguiente). A su rápido desarrollo le ha seguido, a partir de 2014, el crecimiento de distintos sistemas de carga, siendo el mayor, con diferencia, el CHAdEMO.

²³ PACA se refiere a la región francesa de Provenza-Alpes-Costa Azul.

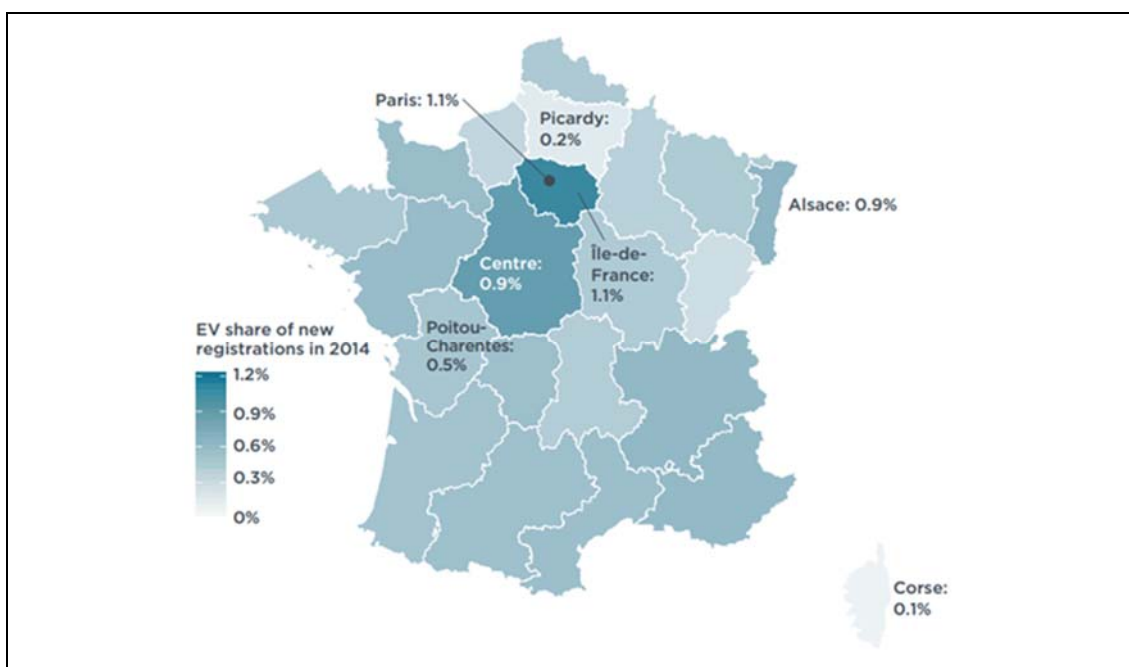
²⁴ Estos cinco países serían según la AIE Austria, Dinamarca, Holanda, Portugal y Reino Unido.

GRÁFICO 48. Evolución de los puntos de carga en Francia hasta mayo de 2017

Nota: La carga normal se lee en el eje de la derecha.

Fuente: elaboración propia a partir de (EAFO, 2017).

En los siguientes mapas (ver siguiente figura) se pueden apreciar por regiones los porcentajes de ventas de vehículos eléctricos sobre el total de matriculaciones (año 2014), y en la figura a continuación la relación de puntos de recarga existentes por matriculaciones de vehículos eléctricos.

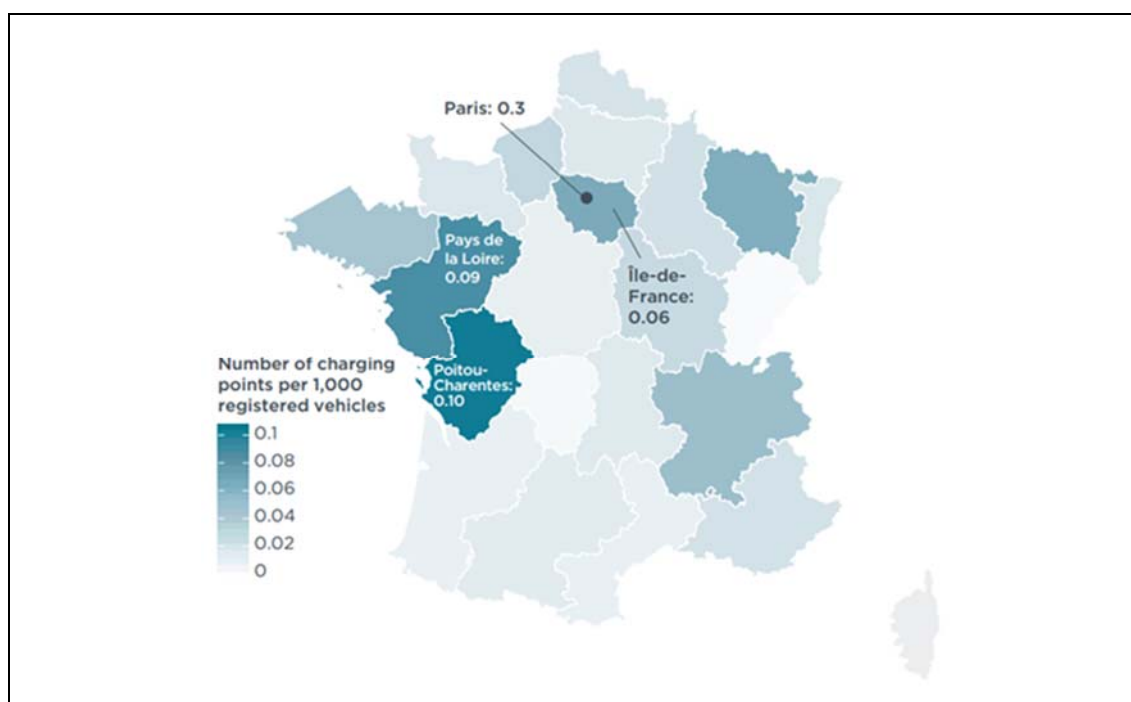
FIGURA 9. Porcentaje de vehículos eléctricos matriculados respecto al total de matriculaciones por regiones de Francia. Año 2014

Nota: Los vehículos eléctricos se refieren a BEV debido a la información disponible a nivel regional francés. En cualquier caso, las matriculas de BEV fueron seis veces las de PHEV en 2014.

Fuente: (Tietge et al., 2016).

En la figura siguiente pueden verse los puntos recarga por mil vehículos matriculados y por regiones. La región central presenta una relación de puntos de recarga baja respecto a las regiones que la rodean (ver gráfico anterior), su tasa de ventas de vehículos eléctricos es mayor que la de sus vecinos, a excepción de París e Isla de Francia.

FIGURA 10. Relación del número de puntos de recarga públicos por cada 1.000 vehículos matriculados por regiones de Francia. Año 2014



Fuente: (Tietge et al., 2016).

Lo cierto es que desde 2011 se han tomado diversas medidas para que se reduzcan las barreras a la instalación de puntos de recarga en los lugares de trabajo y en las viviendas, de manera que se pueda ir desarrollando el sector. Un ejemplo de los apoyos es el de un crédito fiscal del 30% del gasto para la instalación de puntos de recarga particulares en domicilios públicos (República Francesa, 2017).

Cabe destacar que en 2015 la instalación de puntos de recarga convencionales públicos se ralentizó a nivel mundial, a excepción de Francia y también de España y China, observándose crecimientos superiores a los de puntos de recarga rápida. En cualquier caso, Francia también ha destacado en el segmento de la recarga rápida, cuadruplicando sus puntos respecto a 2014 (AIE, 2016), con crecimientos superiores a Noruega y otros países, como se puede ver en la tabla siguiente.

TABLA 15. Mayores tasas de incremento de puntos de recarga rápidos entre 2014 y 2015

x4	x3	x2
Francia	Noruega	Canadá, Alemania, Japón, Suecia y Reino Unido

Fuente: elaboración propia a partir de (AIE, 2016).

Francia cuenta de media con 1 punto de recarga por cada 10.000 habitantes, habiendo puntos de recarga en todos los Departamentos continentales. Hay Departamentos como Île-de-France, Ródano, Vendée, Eureet-Loire e Indre-et-Loire que han sido pioneros en el desarrollo de sus propias infraestructuras y superan esta media, de la misma manera que también hay una treintena de Departamentos que se encuentran por debajo.

En cuanto a las carreteras interurbanas, el proyecto *Corri-Door* que se ilustra en la figura siguiente, cofinanciado por la Unión Europea ha dado lugar a la instalación de 180 puntos de recarga rápida (el objetivo final es de 200) distanciados entre sí 80 kilómetros, a lo que hay que añadir los desarrollos en las periferias de las ciudades, en los entornos de centros comerciales y los que impulsan las comunidades en su territorio²⁵.

FIGURA 11. Distribución del proyecto *Corri-Door*



Fuente: (Sodetrel, 2017).

Así, Francia se sitúa como el tercer país europeo en número de puntos de recarga públicos, por detrás de Holanda y Alemania, y por delante de Noruega y Reino Unido (República Francesa, 2017).

En el Marco de Acción Nacional de Francia se establece como meta el desarrollo de siete millones de puntos de recarga en todo el territorio nacional para 2030 (República Francesa, 2017) e (AIE, 2016).

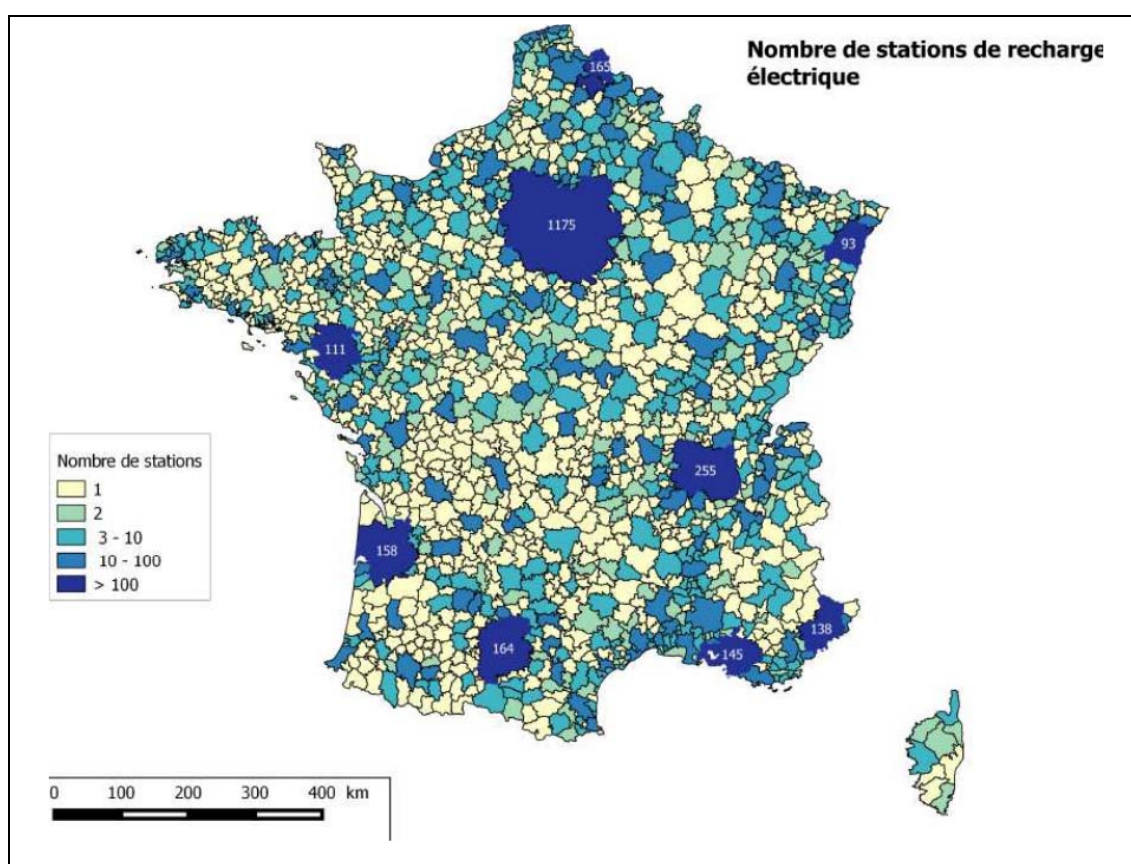
²⁵ EDF ve un importante crecimiento en el negocio de la recarga eléctrica. Su filial para la movilidad eléctrica, Sodetrel, ha logrado un crecimiento anual de los beneficios del 50% en los últimos tres años (Deutsche Bank Markets Research, 2017).

TABLA 16. Asignación indicativa de estaciones de carga eléctrica abiertas al público según tipo de zona a comienzos de 2017

Lugar	Estaciones	Puntos de recarga
Zonas densas	7.480	14.960
Zonas rurales	670	1.340
Total Francia	8.150	16.300

Nota: entiéndase por estaciones las ubicaciones donde hay varios puntos de recarga. Como se aprecia, la relación es de dos puntos de recarga por estación.

Fuente: elaboración propia a partir de (República Francesa, 2017).

FIGURA 12. Asignación indicativa de estaciones de carga eléctrica abiertas al público a finales de 2016

Fuente: (República Francesa, 2017).

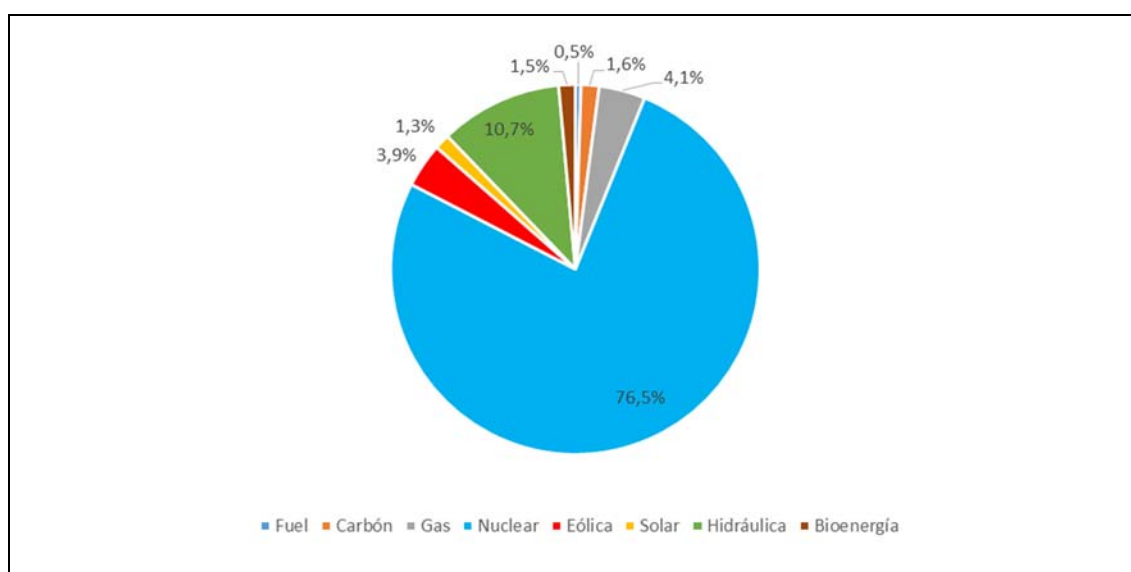
TABLA 17. Puntos de recarga de acceso público existentes en Francia a mediados de 2017²⁶

Recarga normal	Recarga rápida
14.407	1.722

Fuente: elaboración propia a partir de (EAFO, 2017).

Cabe señalar el parque de generación eléctrica como fortaleza para el impulso del mercado del vehículo eléctrico en Francia (ver gráfico siguiente): la energía nuclear, libre de emisiones, tiene un importante peso (76,5% en 2015). Esto, junto a las fuentes de generación renovable (17,4% en 2015), permite que el uso del vehículo eléctrico, en términos de emisiones de CO₂ del sistema eléctrico a la rueda, sea de los más bajos entre los países europeos, con valores de 94 kgCO₂/kWh (puede verse una comparativa de estos valores en el apartado sobre otros países europeos).

En cualquier caso, el objetivo del gobierno francés en relación al *mix* de generación eléctrica es el de reducir la contribución de la energía nuclear al *mix* de generación al 50% en 2025 y que las energías renovables alcancen el 40% en 2030 (Gobierno de Francia, 2017a).

GRÁFICO 49. Mix de generación eléctrica de Francia. Año 2015

Fuente: elaboración propia a partir de (RTE, 2016).

5.2.3. Agentes

Para la explicación de los principales agentes involucrados en la movilidad eléctrica de Francia se seguirá un esquema similar al desarrollado para el gas natural en Italia.

Entre los agentes, cabe diferenciar varios grupos. Por un lado las organizaciones que, con impulso público, están orientadas a actividades que repercuten en el apoyo

²⁶ Asimismo las estadísticas oficiales pueden diferir según la fuente y no siempre alcanzan a contabilizar todas las unidades. En cualquier caso, las comunidades de usuarios también tratan de cubrir las existencias a través de las experiencias de los conductores, por lo que estas estadísticas son mucho menores. Por ejemplo, según Electromaps (2017), en Francia hay distribuidos 1.051 puntos de recarga en general, o 309 de recarga rápida, frente a las cifras de EAFO (2017).

a la electromovilidad. En este primer grupo estarían la Asociación Europea para la Movilidad Eléctrica AVERE (European Association for Electromobility) o WEVA (World Electric Vehicle Association) de la que la anterior forma también parte. En segundo lugar hemos de considerar la Unión Europea y las administraciones públicas. Por otro lado están las organizaciones empresariales y las principales empresas que participan de la cadena de valor del vehículo eléctrico y/o su infraestructura, que tienen un interés comercial en el desarrollo del sector, así como la I+D+i. Esto va desde los fabricantes de vehículos, de baterías, de equipos eléctricos, o de puntos de recarga, entre otros. Finalmente no se debe olvidar a los consumidores o compradores, que son los que tienen la última palabra.

Organizaciones internacionales

En primer lugar destaca AVERE. Se trata de la red europea para la promoción de sistemas de tracción y vehículos eléctricos, incluidos los de pila de combustible, englobando desde usuarios a organismos públicos, pasando por fabricantes y compañías eléctricas. Creada en 1978, se encarga de presentar a la Comisión Europea las cuestiones concernientes a la industria y a los centros de I+D. A nivel mundial está integrada en la Asociación Mundial del Vehículo Eléctrico (WEVA). Está formada por diecisiete asociaciones nacionales, entre las que se encuentra la organización francesa, AVERE-France, que data del mismo año.

Por otro lado está CITELEC, que es la Asociación Europea de Ciudades Interesadas en Vehículos Eléctricos que, fundada en 1990, bajo la tutela de la Comisión Europea, busca la expansión de la movilidad eléctrica mediante la investigación, proyectos de demostración y el impulso a la estandarización. Las ciudades francesas que participan son Avignon, La Rochelle, Metz y Nantes. CITELEC participa junto a EURELECTRIC en AVERE.

Por otro lado, organizaciones internacionales, tales como UNECE (*United Nations Economic Committee for Europe*) promueven la armonización y mejora de regulaciones técnicas y operativas y estándares en el transporte a través de los grupos de trabajo GRPE (Pollution and Energy) y GRSG (General Safety Provisions).

Se encuentra por otra parte ISO (International Standardization Organization) desarrollo estándares internacionales a través del ISO TC-22, (vehículos de carretera) del que AFNOR (Asociación Francesa de Normalización) ejerce su secretaría, a través de los subcomités SC31 (Comunicación de datos) y SC37 (vehículos de propulsión eléctrica), impulsando el desarrollo estándares para vehículos eléctricos (considerando el vehículo en conjunto).

La IEC (International Electrotechnical Commission), a través del IEC TC-69, se focaliza en los componente eléctricos y en la infraestructura de suministro; y CEN/CENELEC es la organización de estandarización de la UE ha establecido el Coordination Group on Electro-Mobility con objeto de analizar los requerimientos de estandarización específicos para la UE.

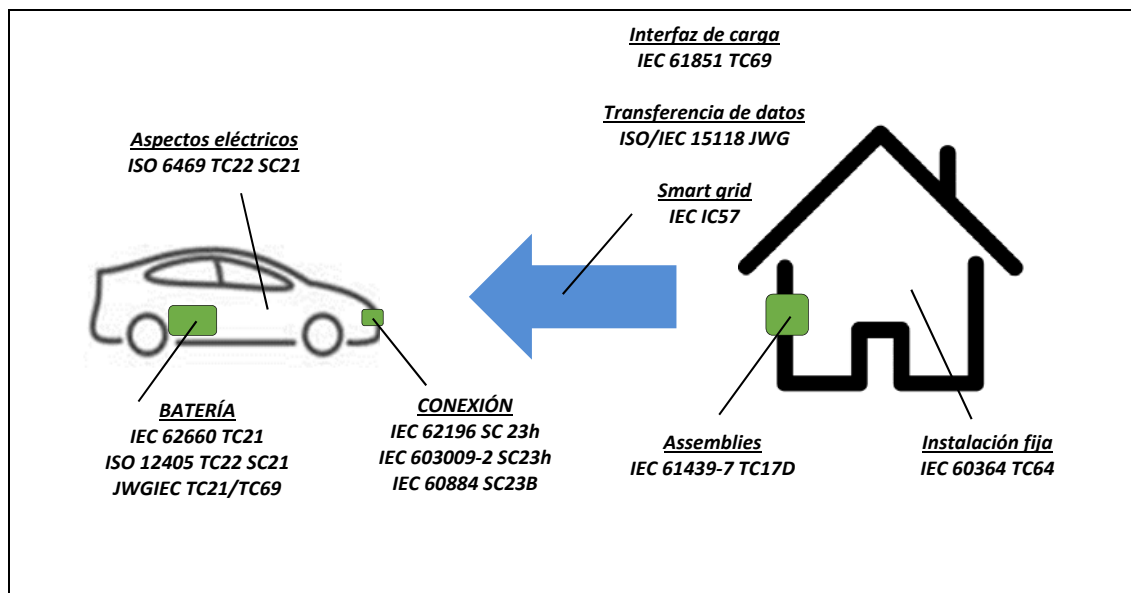
De esta manera, y como se ha visto en el caso del gas natural, los organismos de estandarización son fundamentales como agentes para el desarrollo de un mercado que sea capaz de ir más allá de los mercados de cada país.

La industria participa en el desarrollo de los estándares a través de los organismos de estandarización nacionales, que son autónomos. Se organizan a través de los grupos de trabajo (*working groups*), encargados de la preparación de los estándares, estos realizan propuestas de normas que se pasa a cada organización nacional para comentarios. Una vez transmitidas éstas a los *working groups*, se discute de nuevo para un borrador final cuya aprobación la realizan los organismos nacionales.

El papel de la industria como agente está en la fabricación de electrónica de potencia para elementos de recarga, y transformación, tanto externo como interno del vehículo, de batería y motores, entre otros. También hay que considerar la transmisión de información y el desarrollo de software para la interface y la relación del vehículo con los puntos de recarga.

La siguiente figura ilustra las principales normas de estandarización que afectan al vehículo eléctrico. Se aprecia que las normas no afectan sólo a cuestiones propiamente energéticas, sino también comunicación para el intercambio de datos.

FIGURA 13. Principales normas de estandarización que intervienen en el vehículo eléctrico



Fuente: elaboración propia.

La Unión Europea y las administraciones públicas

Como se ha descrito en el capítulo del gas natural en el transporte, la Unión Europea desarrolla estrategias sobre el transporte y promueve acciones para la mejora de la calidad del aire y la reducción de emisiones de CO₂ mediante regulaciones (de obligado cumplimiento en toda la UE) y directivas, que tienen que ser transpuestas y adaptadas a la legislación de cada Estado Miembro. Entre ellas citaremos la propia

directiva DAFI, la de Energía Renovables, la de Calidad de Combustibles y la de Imposición a la Productos Energéticos y la Electricidad, que establecen los objetivos a alcanzar, las especificaciones propias de la UE y fijan el nivel mínimo de impuestos a aplicar al consumo de los productos energéticos, respectivamente. Tienen impacto sobre la evolución de los mercados, en particular el del vehículo eléctrico.

En cuanto a administraciones públicas en Francia, ha de mencionarse ADEME, que es la Agencia del Medio Ambiente y de la Gestión de la Energía de Francia. Se trata del organismo del Estado activo en la implementación de políticas en las áreas de medioambiente, energía y desarrollo sostenible, a través de servicios de consultoría a empresas, ciudades o ayuntamientos y otros organismos públicos, incluyendo asimismo la financiación de proyectos desde la investigación a la implementación (ADEME, 2017).

Organizaciones empresariales y centros de I+D+i

Organizaciones empresariales europeas como EURELECTRIC, que es la Unión de la Industria Eléctrica, o ACEA, que es la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles, que analizan la armonización de especificaciones, colaboran con los gobiernos nacionales y la Comisión Europea en el diseño de estrategias, y proveen expertos a las organizaciones de estandarización nacionales e internacionales para el desarrollo de estándares y guías de mejores prácticas. La organización empresarial tiene organizaciones reflejo en cada país, tales como UFE (Unión Francesa de la Electricidad) en Francia o UNESA en España.

CCFA es el Comité de Constructores Franceses de Automóviles (*Comité des Constructeurs Français d'Automobiles* en francés) y actúa como la asociación francesa de fabricantes de automóviles y está asociada a ACEA.

Por su parte, la PFA es la asociación de la industria del automóvil y la movilidad (*Filière Automobile & Mobilités* en francés) busca la consolidación y desarrollo de 4.000 empresas que conforman la industria de automoción y del transporte por carretera de Francia, de manera que dispongan un apoyo en cuanto a competitividad internacional y cuestiones como la regulación (PFA, 2017).

También existe el CNPA o Consejo Nacional de los Profesionales del Automóvil (*Conseil National des Professions de l'Automobile* en francés), que pretende la defensa de las empresas de todo tamaño centradas en servicios minoristas (CNPA, 2017).

Junto a las organizaciones empresariales se han de mencionar los centros de I+D+i. En el caso del vehículo eléctrico, a diferencia del gas natural vehicular, la exploración, la producción y el tratamiento de los combustibles no juegan un papel relevante más allá de la importancia de la generación eléctrica.

Sí es importante y clave, en cambio, la I+D+i en la mejora de dicha generación eléctrica, para que la recarga del vehículo eléctrico se produzca con la máxima eficiencia y condiciones de seguridad sobre todo en la mejora de la eficiencia y capacidad de almacenamiento de las baterías de los vehículos, aspecto

determinante, tanto a nivel técnico como económico, en la penetración de la movilidad eléctrica.

Fabricantes de vehículos y bienes de equipo

Por un lado están fabricantes de vehículos eléctricos y equipos como Renault, Citroën, Peugeot o Bolloré. Existen también otros como Heuliez (más tarde Mia) que han tenido un papel en la movilidad eléctrica con menores éxitos y cuya producción en el sector del vehículo eléctrico se detuvo en 2014 por no poder superar los problemas financieros (Masson, 2010) y (Torregrossa, 2014).

Cobran en el sector gran importancia, por un lado, los fabricantes de baterías para el vehículo eléctrico como son BMZ, Emtech, Powertch, E4V, Sodetrel o Bolloré, y por otro los fabricantes de puntos de recarga. De estos últimos cabe señalar una extensa lista como Accor Solutions, Belectric Drive, Borne Recharge Service, Borne SVE, DBT-CEV, Cahors, E-Totem, Eden Energy, Ensto, Gamme Optiplus, Gamme Pulse, Hager Bornes de Charge Witty, IEM Sarl, IER Groupe Bolloré, IXEL, KeContact P20, Legrand, Ligier, Mennekes, Park2Power, Série Libéra y Schneider.

Compradores

El mercado actual en el que se desarrolla la movilidad eléctrica de Francia está formado por distintos tipos de consumidores. Por un lado están los clientes individuales, cuyo objetivo es la adquisición de un vehículo particular. En este caso se requiere, normalmente, un punto de recarga en el domicilio del cliente o en sus inmediaciones.

Por otro lado está el segmento de clientes que conforman las empresas u otras instituciones, cuyo objetivo es la adquisición de vehículos destinados a sus flotas, de manera que se pueden requerir modificaciones o adaptaciones en función del servicio que se desea ofrecer. Dado que estos vehículos suelen aparcarse conjuntamente, lo habitual es que las flotas dispongan de infraestructuras instaladas allí donde se guardan.

Las infraestructuras diseñadas para la alimentación de los vehículos en sus lugares de estacionamiento habitual se denominan carga vinculada y tienen lugar el 95% de las cargas de los vehículos eléctricos, tanto en los casos individuales como de flotas.

Siguiendo las estadísticas publicadas por el Instituto IPSOS sobre la movilidad eléctrica (las terceras hasta la fecha), los franceses tienen una opinión favorable sobre la movilidad eléctrica. Son 2 de cada 5 los franceses los que creen que el vehículo eléctrico responde actualmente a las necesidades de los usuarios franceses, y a pesar de que el 70% lo considera fiable, solo el 35% está dispuesto a optar por la movilidad eléctrica (IPSOS, 2016).

En dicho estudio se destacan las características positivas que para los encuestados tiene el vehículo eléctrico: es innovador (94% de los encuestados), respetuoso con el medio ambiente (91%) y agradable en su conducción (80%), con pequeñas variaciones respecto a la encuesta anterior, del año 2014. Las características vistas

como negativas y que frenan el desarrollo son la autonomía limitada, que es el principal obstáculo señalado por los franceses (58%), y el precio de compra (45%). A esto habría que añadir la falta de puestos de recarga, aunque esto tiene menor peso (28%).

5.2.4. El marco normativo para los vehículos eléctricos en Francia

El marco normativo de cada Estado Miembro de la Unión Europea está condicionado a la legislación europea, de manera que la construcción de la normativa relativa al transporte y a la movilidad se produce en general “de arriba a abajo”. Es decir, la legislación europea es el marco de formación de la regulación nacional, y a su vez la nacional es el marco de la regional o local²⁷.

En la tabla siguiente se recogen la normativa más relevante, incluyendo planes y otro tipo de documentos que se reseñan brevemente. En el texto a continuación se destacan aspectos de la normativa que se consideran relevantes.

TABLA 18. Normativa más relevante en Francia (parte 1 de 2)

Normativa	Año	Descripción
Plan nacional de acción para desarrollar los vehículos limpios.	2009	14 acciones para el desarrollo de la movilidad eléctrica
Ley nº 2010-788 (Grenelle II)	2010	Compromiso nacional por el medio ambiente
Decreto nº 2011-873	2011	Relativo a las instalaciones dedicadas a la recarga de vehículos eléctricos o híbridos recargables en los edificios e infraestructuras para el estacionamiento seguro de bicicletas
Decreto del 20 de febrero de 2012 relativo a la aplicación de los artículos R. 111-14-2 a R. 111-14-5 del código de la construcción y de la vivienda	2012	Establece exigencias relativas a las instalaciones eléctricas que permitan la recarga de vehículos eléctricos en los estacionamientos de los edificios colectivos de viviendas y las oficinas nuevas.
Plan de apoyo al sector del automóvil	2012	Apoyo al sector del automóvil que comprende distintas disposiciones para recuperar y potenciar la industria del sector del automóvil francesa.

Fuente: elaboración propia.

²⁷ La normativa europea relacionada con la movilidad y el transporte, así como la española y la relativa a la CAPV pueden verse en el documento *Energías alternativas para el transporte de pasajeros por carretera. El caso de la CAPV: análisis y recomendaciones* (Álvarez y Menéndez, 2017).

TABLA 19. Normativa más relevante en Francia (parte 2 de 2)

Normativa	Año	Descripción
El plan industrial “Puntos de Recarga Eléctrica” o “ <i>Bornes Électriques de Recharge</i> ”	2013 / 2015	34 planes de desarrollo industrial lanzados por la Presidencia de la República e integrados en el documento “Nouvelle France Industrielle” y se recogen como áreas de desarrollo industrial de Francia tanto el desarrollo de los puntos de recarga como el nacimiento de una industria especializada en la fabricación de baterías para el vehículo eléctrico.
Ley del 4 de agosto	2014	Facilita el despliegue de una red de infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos en el espacio público
Ley relativa a la transición energética para el crecimiento verde	2015	El artículo 41 de dicha ley, contiene distintas disposiciones relativas a los vehículos eléctricos e híbridos recargables: un objetivo de instalar hasta 2030, al menos 7 millones de puntos de recarga en los lugares de estacionamiento de los edificios de viviendas y otros tipos de edificios y un objetivo de modificar el código de la construcción y de la vivienda con el fin de dotar a los lugares de estacionamiento a los edificios de viviendas y edificios públicos con infraestructuras necesarias de recarga
Decreto 2015-361	2015	Crea ayudas a la adquisición y al alquiler de vehículos de bajas emisiones.
Plan de Acción de Calidad del Aire	2015	Dispone cuatro líneas de actuación que apoyan la introducción de vehículos de bajas emisiones, como beneficios a través del certificado de calidad del aire (certificat qualité de l'air).
Marco de Acción Nacional para el Desarrollo de Combustibles Alternativos en el Sector del Transporte y el Despliegue de la Infraestructura Relevante	2017	Traspone la Directiva 2014/94/UE

Fuente: elaboración propia.

El Plan Nacional de Acción para el Desarrollo de Vehículos Limpios fue lanzado por el Ministerio de Desarrollo Sostenible en 2009, configurándose mediante la definición de catorce acciones para el desarrollo de la movilidad eléctrica, tanto en lo relativo al vehículo como de la infraestructura de recarga.

La Ley nº 2010-788 (Grenelle II) otorga tanto a los ayuntamientos como a sus agrupaciones, las competencias para el despliegue y el mantenimiento de las infraestructuras de recarga necesarias para el uso de los vehículos eléctricos en caso de ausencia de iniciativas privadas a este respecto.

El Decreto nº 2011-873 busca la implantación de tomas de recarga para vehículos eléctricos en todas las construcciones de edificios de oficinas o residenciales de más de dos viviendas, y que prevean un estacionamiento cerrado. Desde 2012 afecta a los edificios existentes con un plazo de puesta en operación hasta enero de 2015. Así, todo inquilino o propietario residente en un inmueble colectivo dispone del derecho de acceso a una toma eléctrica para la instalación un punto de recarga para su propio vehículo.

Más adelante, en el año 2012 mediante un Decreto del 20 de febrero, relativo este a la aplicación del código de la construcción y de la vivienda, se fijan las exigencias relativas a las instalaciones eléctricas que permitan la recarga de vehículos eléctricos en los estacionamientos de los edificios colectivos de viviendas y las oficinas nuevas, siendo aplicables a los edificios que hayan realizado su solicitud de permiso de construcción a partir de la segunda mitad de 2012.

Ese mismo año el Plan de apoyo al sector del automóvil del 25 de julio supuso el lanzamiento por parte del Ministerio de Desarrollo Productivo de un plan de apoyo al sector del automóvil que busca la recuperación y potenciación de la industria del sector del automóvil francesa.

Ya en septiembre de 2013 se elabora un plan industrial denominado “Puntos de Recarga”, para el cual se recogen treinta y cuatro planes de desarrollo industrial lanzados por la Presidencia de la República e integrados en el documento “Nouvelle France Industrielle”. En él se recogen como áreas de desarrollo industrial de Francia tanto el desarrollo de los puntos de recarga como el nacimiento de una industria especializada en la fabricación de baterías para el vehículo eléctrico. Posteriormente, en mayo de 2015, se reordenó el conjunto de proyectos en nueve de ellos según su potencial para la industria.

En 2014 la Ley del 4 de agosto facilita el despliegue de una red de infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos en el espacio público, eximiendo de ciertos pagos por la ocupación de la vía pública a un operador que implante puntos de recarga en el marco de un proyecto de dimensión nacional. Afecta al menos a dos regiones y la distribución de los puntos debe asegurar una implantación equilibrada en los territorios en cuestión.

La Ley de Transición Energética para un Crecimiento Verde (2015) aporta las herramientas esenciales para desarrollar una transición energética, con más cincuenta puntos de aplicación inmediata tras la aprobación de la ley (Gobierno de Francia, 2017a).

Esta ley contempla entre otros objetivos básicos, ciertas metas globales para las que un transporte bajo en emisiones y eficiente es fundamental, como son: a) reducción de emisión gases de efecto invernadero²⁸; b) reducción del consumo de combustibles fósiles en un 30% para 2030; y c) reducción a la mitad del consumo final de energía respecto a 2012.

La financiación de iniciativas de esta ley a nivel territorial para un transporte más limpio se hará a través del *Caisse des Dépôts*²⁹ con un fondo ampliado en 5.000 millones de euros (Gobierno de Francia, 2017a).

²⁸ Objetivo orientado según el de la UE de reducir las emisiones en un 40% respecto a niveles de 1990-

²⁹ Institución de financiación del Estado francés.

Dentro del transporte, las principales metas son cuatro: a) reforzar las medidas de combate de la contaminación del aire; b) reducción del consumo de hidrocarburos; c) acelerar la sustitución de coches, camiones y autobuses con vehículos de bajas emisiones; y d) alcanzar siete millones de puntos de recarga de vehículos eléctricos en 2030.

Respecto a la meta para acelerar la sustitución del parque actual por vehículos de menores emisiones, la ley hace un énfasis especial en las flotas públicas y privadas. Para las primeras, el Estado francés se compromete a que cuando se reemplacen vehículos en sus flotas y las pertenecientes a sus entes públicos, al menos el 50% de los vehículos comprados sean de bajas emisiones³⁰, con mención especial a los eléctricos. Este porcentaje es del 20% si se trata de administraciones locales. Por otro lado, los autobuses comprados para el transporte público a partir de 2025 deben ser de bajas emisiones.

Se espera que estos porcentajes vinculantes den lugar a 5.000 vehículos al año de bajas emisiones para el gobierno de la nación y su administración, así como 4.000 vehículos de bajas emisiones al año para las autoridades locales, desde el 1 de enero de 2017 (Clean Energy Ministerial, 2016).

En el caso de las flotas privadas, entendiéndose por estas compañías de taxis, vehículos con chófer o alquiler de coches, a partir de 2020 deben incluir un 10% de vehículos de bajas emisiones en la renovación de las flotas.

En cuanto al desarrollo de la infraestructura eléctrica, la ley establece que las obras en edificios ya existentes deben incluir la planificación de instalación de puntos de recarga, lo que incluye los estacionamientos de dichos edificios si la obra tuviese lugar en estos, así como en los centros comerciales.

Una figura que se crea con la Ley de Transición Energética es el concepto de ZCR (zonas de tráfico restringido o *zones à circulation restreinte* en francés), cuyo establecimiento, mediante decretos locales³¹ en su caso, es una herramienta que se ofrece a las administraciones locales en aquellas poblaciones que habitualmente están señaladas por su alta contaminación.

Además, a nivel local también se dispone de otro tipo de recursos, como una clasificación de emisiones contaminantes de vehículos específicamente diseñada para los ayuntamientos (*Crit'air*), de manera que puedan diseñar sus propias políticas de calidad del aire. Otros procedimientos que la ley contempla son unas

³⁰ La definición de estos vehículos no es exacta, si bien se entiende que incluye aquellos que emiten menos de 60 gCO₂/km “del tanque a la rueda”. Se entiende “del tanque a la rueda” (TTW o *tank to wheel* en inglés) como las emisiones producidas por el vehículo en sí y no por la cadena de valor del combustible o energía. Para una análisis en detalle, se puede consultar *Energías alternativas para el transporte de pasajeros*, (Álvarez y Menéndez, 2017).

CO₂/km on a tank-to-wheel basis. As a result, they shall include primarily BEVs and PHEVs

³¹ La probación requiere de un estudio ambiental y de aprobación por parte de los organismos que gestionan la movilidad en la zona en cuestión y las autoridades de las poblaciones cercanas y las cámaras de comercio, agricultura, industria y otros.

restricciones transitorias en ciudades para vehículos contaminantes o incluso la prohibición de circulación para ciertos tipos de vehículos privados³², así como la reducción de velocidad por debajo de los límites existentes en las carreteras del Estado.

Uno de los métodos de financiación de la actuación en el transporte es el programa “ciudades respirables en cinco años” (*Villes respirables en 5 ans* en francés), consistente en la selección de 25 ciudades que pueden recibir hasta un millón de euros para invertir en medidas relacionadas en calidad del aire, medidas tales como sustitución de vehículos contaminantes o infraestructuras para bicicletas, si bien el transporte no es el único área contemplada en este programa.

En el caso de las compañías privadas con al menos cien trabajadores en un mismo lugar físico, se facilita que estas puedan desarrollar programas de movilidad para sus trabajadores, si bien esto está más bien orientado al uso de transporte público o compartido³³. Las compañías reciben también incentivos en relación a las bicicletas eléctricas, de manera que una empresa puede pagar 0,25 €/km hasta un máximo de 200 € anuales a cada trabajador, sin que estas cantidades contribuyan a la seguridad social. Asimismo, las empresas sujetas a impuestos corporativos pueden solicitar una reducción de impuestos equivalentes como máximo al 25% de la compra de una flota de bicicletas (Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, 2016).

En paralelo a Ley de Transición Energética, el Plan de Acción de Calidad del Aire (2015) dispone cuatro líneas de actuación que apoyan la introducción de vehículos de bajas emisiones que pretende la ley, como beneficios a través del certificado de calidad del aire (*certificat qualité de l'air*). Este certificado clasifica los vehículos en seis niveles según su potencial de contaminación³⁴ (a mayor nivel, mayor es la contaminación), otorgando a los de menores emisiones condiciones especiales para desplazamientos y aparcamientos en situaciones puntuales de alta contaminación y en las zonas de tráfico restringido que introduce la ley; por ejemplo, aparcamiento gratuito para vehículos eléctricos (Gobierno de Francia, 2015).

La clasificación de los tipos de vehículos para la obtención del certificado de calidad del aire es como se indica en la tabla a continuación. Se trata de cinco niveles más una categoría especial que corresponde el BEV, mientras que el PHEV entra en la misma categoría que los vehículos a gas, equivalentes estos a gasolina Euro 5 y 6.

³² En este caso se contempla la posible reducción de las tarifas de transporte público o que sean gratuitas.

³³ De hecho la ley presta una atención particular al fenómeno del coche compartido, introduciendo y definiendo este concepto.

³⁴ A partir del 1 de enero de 2016.

TABLA 20. Niveles de vehículos según el certificado de calidad del aire en Francia

Nivel	Gasolina y otros	Gasóleo
Especial	Todos los vehículos 100% eléctricos y de hidrógeno	
1	Todos los vehículos a gas e híbridos enchufables	
	Euro 5 y 6 (a partir del 1 de enero de 2011)	-
2	Euro 4 (entre el 1 de enero de 2006 y el 31 de diciembre de 2010 inclusive)	Euro 5 y 6 (a partir del 1 de enero de 2011)
3	Euro 2 y 3 (entre el 1 de enero de 1997 y el 31 de diciembre de 2005 inclusive)	Euro 4 (entre el 1 de enero de 2006 y el 31 de diciembre de 2010 inclusive)
4	-	Euro 3 (entre el 1 de enero de 2011 y el 31 de diciembre de 2005 inclusive)
5	-	Euro 2 (entre el 1 de enero de 1997 y el 31 de diciembre de 2000 inclusive)

Nota: fecha de la primera matriculación. La clasificación es válida para toda la vida del vehículo.

Fuente: reelaborado de (Gobierno de Francia, 2017b).

También en el mismo año, el Decreto 2015-361 busca facilitar la adquisición y al alquiler de vehículos poco contaminantes mediante ayudas complementarias a decretos anteriores. Como consecuencia de la aplicación de este decreto se establecen ayudas, las cuales pueden verse en la siguiente sección relativa a incentivos.

Ya en el año 2017, siguiendo las directrices del artículo 3 de la Directiva 2014/94/UE, Francia al igual que el resto de Estados Miembro (DOUE, 2014) ha desarrollado su Marco de Acción Nacional para el Desarrollo de Combustibles Alternativos en el Sector del Transporte y el Despliegue de la Infraestructura Relevante (en francés, CANCA o *Cadre d'action national pour le développement des carburants alternatifs dans le secteur des transports et le déploiement des infrastructures correspondantes*).

La definición de dicho documento se basó en la Estrategia de Desarrollo de la Movilidad publicada el 27 de octubre de 2016. Las partes interesadas pertinentes (transportistas, fabricantes, minoristas, asociaciones de protección del medio ambiente, comunidades, etc.) fueron consultadas durante el desarrollo del documento, que salió a consulta pública desde el 23 noviembre hasta 16 diciembre de 2016 (República Francesa, 2016). Por tanto, el documento existente es aun oficialmente un proyecto aunque se encuentra cerca de su versión final (a fecha de finalización de este informe, finales de 2017).

Incentivos económicos y regulatorios

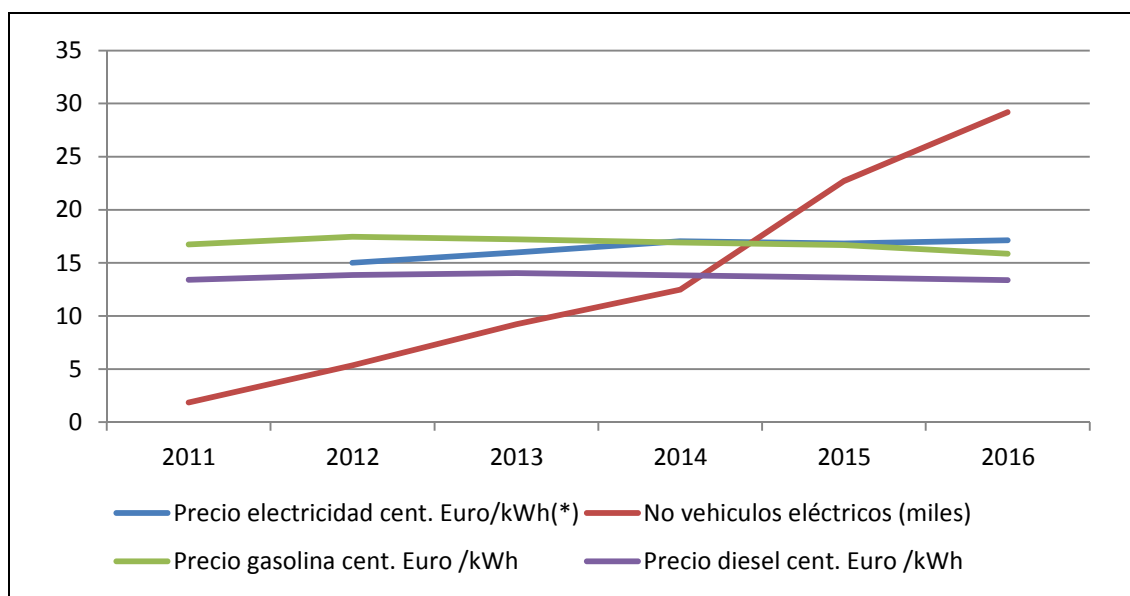
Francia tiene establecido un sistema *bonus-malus* para la asignación de incentivos/penalización dependiendo de la emisión de CO₂ del vehículo. Así hay

establecido un incentivo de hasta 6.300 € (hasta un 27% del precio del vehículo), destinado a aquellos vehículos que presenten emisiones de CO₂ inferiores a 110 g/km. Además, se penalizan aquellos vehículos cuyas emisiones de CO₂ superen los 130 g/km con un importe de hasta 8.000 €³⁵.

Por otro lado estos incentivos pueden combinarse con el apoyo al abandono de vehículos diésel que estén en circulación desde abril de 2001, de manera que si estos se sustituyen por vehículos con emisiones de CO₂ de 20 g/km o menos el incentivo puede ser de 3.700 €; y de 2.500 € si la sustitución es por un vehículo con emisiones de CO₂ entre 21 y 60 g/km.

Un aspecto importante a destacar es que, en el crecimiento del vehículo eléctrico el precio de la energía parece tener poco impacto. En el gráfico que sigue se aprecia como el número de vehículos eléctricos crece, particularmente a partir de 2014, a pesar de que el precio de la electricidad (en €/kWh) se sitúa por encima del precio del diésel e igualado al de la gasolina en ese año.

GRÁFICO 50. Evolución del número de ventas vehículos eléctricos frente a los precios de la energía eléctrica, gasolina y diésel en Francia (en cent.€/kWh)



Nota: (*) Para el precio de la electricidad se ha considerado el precio doméstico para consumos menores de 5.000 kWh/año.

Fuente: (UE oil market report, 2017).

5.3. La electricidad en el transporte por carretera en otros países europeos

En este apartado se examinan otros países europeos que, en mayor o menor medida que Francia, han logrado altas cuotas de penetración del vehículo eléctrico pero que presentan algunas diferencias con el país galo, tanto en las políticas desarrolladas como en las estrategias que definen a cada uno.

³⁵ La penalización puede usarse para financiar los incentivos (Tietge et al., 2016).

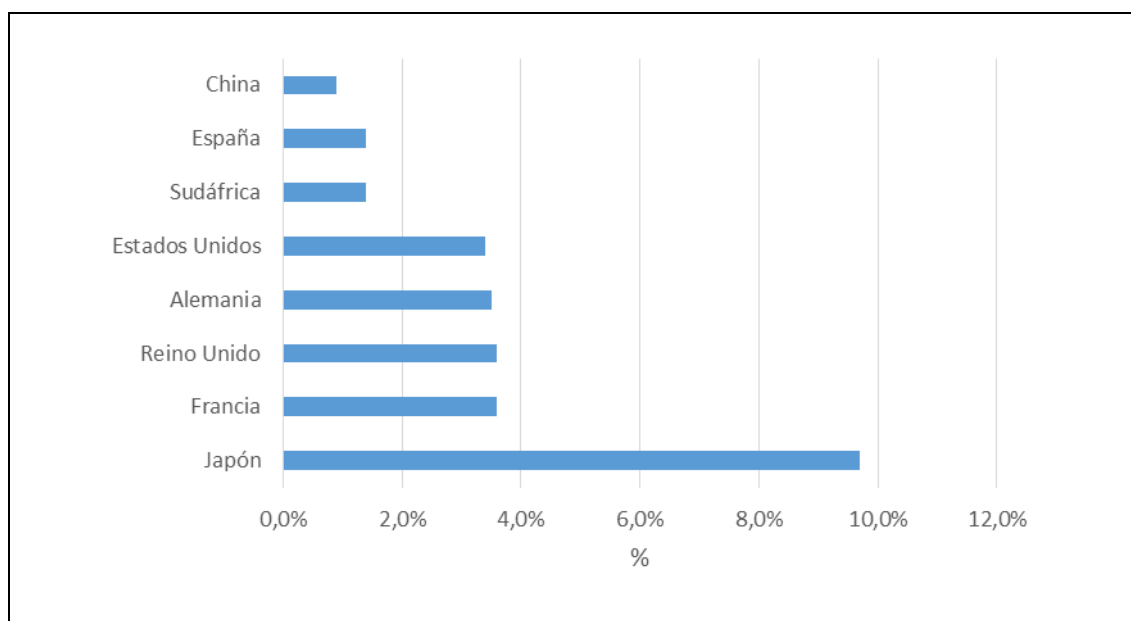
Hay que subrayar la relevancia de los distintos tipos de políticas de impulso a la electromovilidad que cada país desarrolla. De esta manera a continuación se presentan los casos de Alemania, Holanda, Noruega y Suecia, así como una comparativa de algunos ratios.

5.3.1. Alemania

Alemania es especialmente relevante por la potencia de su industria de automoción. Se trata del primer fabricante mundial de vehículos (considerando tanto convencionales como eléctricos). Además, casi un tercio de los vehículos matriculados en la Unión Europea en 2014 provino de fábricas alemanas (Tietge et al., 2016).

Esto no significa que actualmente Alemania sea el primer país del mundo en fabricación de vehículos eléctricos (sin considerar convencionales). En el siguiente gráfico se ve cómo su cuota se encuentra muy por detrás de Japón, e igualado por otros países europeos y Estados Unidos.

GRÁFICO 51. Estimación del porcentaje de la producción mundial de vehículos eléctricos por países en 2016



Fuente: reelaborado de (Statista, 2017a).

De hecho, la tasa de penetración del vehículo eléctrico no hace destacar al país entre aquellos que son más avanzados en este campo. Partiendo de una cuota de mercado del 0,7% en 2015, entre los años 2016 y 2020 no se espera que la cuota de mercado en ventas del vehículo eléctrico supere los dos dígitos, al contrario que en Francia y Holanda, si bien estos dos parten de una cuota en 2015 ligeramente superior en el caso de Francia (1,2%) y muy superior para Holanda (9,7%) (AIE, 2016).

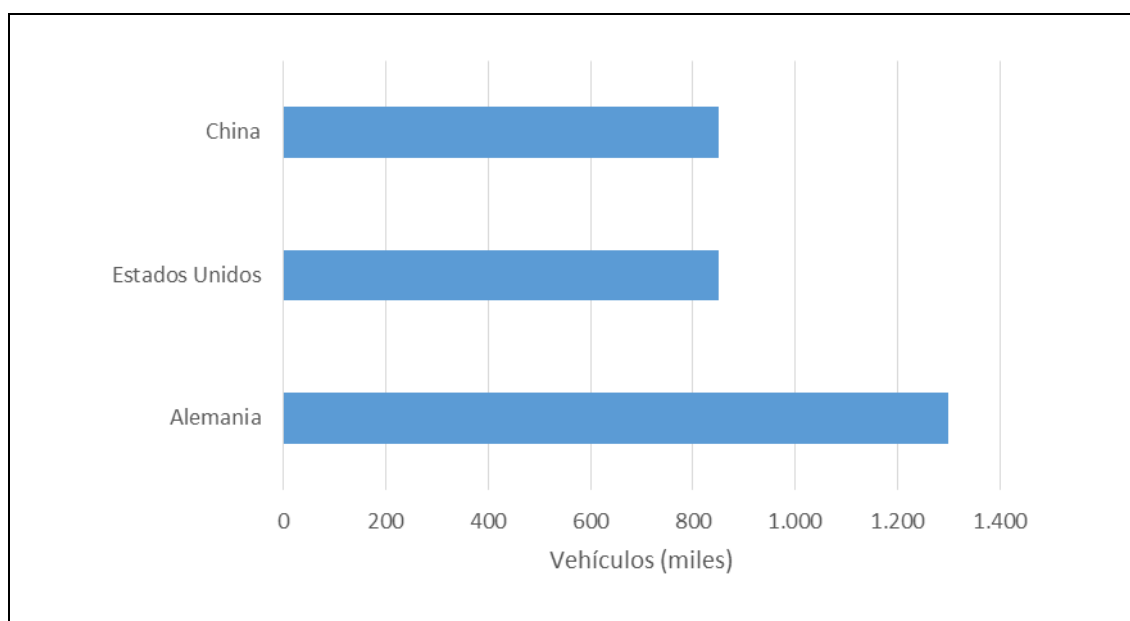
En cualquier caso, Alemania aspira a llegar al millón de vehículos eléctricos en circulación en 2020, y en el año 2030 espera que sean seis millones, con el objetivo de alcanzar los conceptos de *leitmarkt* (líder del mercado) y *leitanbieter* (líder del

suministro) (BMVBS, 2011). Sin embargo, la misma canciller Angela Merkel reconoció en mayo de 2017 que la situación actual del mercado alemán indica que no se alcanzará el objetivo del millón en 2020, quedando esto condicionado a un crecimiento masivo y muy rápido del mercado en los próximos años (Nienaber y Sarkar, 2017).

En este mismo sentido apunta el Quinto Informe de Seguimiento del *Energiewende* (BMW, 2016), que señala que los objetivos de la transición energética alemana en transporte solo son posibles con la mayor electrificación posible de los vehículos. Así, en este documento se recoge que si la industria de automoción del país pretende mantener su posición de liderazgo, Alemania deberá desarrollar un mercado del vehículo eléctrico. Para ello se reconoce que un considerable esfuerzo es necesario y que la atención está sobre un desarrollo más rápido de la infraestructura necesaria.

En el siguiente gráfico se aprecia cómo podría llegar a ser el liderazgo de Alemania en los próximos años con el desarrollo de su industria. Asimismo, estadísticamente Alemania es visto claramente como el mejor candidato para liderar la producción global (Statista, 2017c).

GRÁFICO 52. Estimación de la producción anual de vehículos eléctricos en 2021



Fuente: reelaborado de (Statista, 2017b).

Lo cierto es que una alianza de fabricantes presentes en Alemania, formada por BMW, Daimler AG, Volkswagen y Ford, han establecido metas para la mayor red de Europa de puntos de recarga rápida combinada CCS, metas contempladas en un memorándum de entendimiento (MOU). Esta alianza busca 400 puntos de recarga para 2017 a través de Europa, que serían de varios miles para 2020 (IRENA, 2017).

En el caso de Alemania cabe citar un hecho característico de la política industrial alemana y de su búsqueda de influencia, que es el de la creación de la Agencia

Internacional de las Energías Renovables (IRENA). Esta institución (impulsada por las Naciones Unidas, y por la Unión Europea sobre todo), estableció en 2011 su Centro de Innovación y Tecnología (IITC) en la ciudad alemana de Bonn, lo que constituyó un logro para el Gobierno alemán³⁶.

Hasta el año 2020, Alemania ofrece un programa de ayudas a los vehículos eléctricos, que cuenta con un presupuesto total de 1.200³⁷ millones de euros, de los cuales el Gobierno Federal aporta la mitad. Este programa se distribuye en ayudas directas de 4.000 € para los BEV y de 3.000 € para los PHEV. Estas cantidades están condicionadas a que los vehículos tengan un precio máximo de 60.000 € en su modelo base, y están limitadas a 400.000 automóviles. En el caso de la infraestructura de recarga el Gobierno ha dispuesto 300 millones de euros (BMW, 2016) y (Blenkinsop, 2017).

Además, hay una exención en el impuesto de propiedad durante los diez primeros años tras la matriculación, para aquellos vehículos matriculados hasta el 31 de diciembre de 2015, y para los 5 primeros años para aquellos matriculados entre esa fecha y el 31 de diciembre de 2020 (EAF, 2017). Estos impuestos varían con la potencia del motor y las emisiones de CO₂, de manera que los PHEV, que no están cubiertos por dicha exención, se benefician de esa variación por la reducción de emisiones que implican (Tietge et al., 2016).

Otras facilidades o incentivos para los BEV son aparcamientos gratuitos, plazas reservadas en aparcamientos y en las vías públicas y uso del carril bus (EAF, 2017), si bien algunas de estas se aplican de manera diferente según los *länder*, por lo que estas facilidades no alcanzan al 50% de la población total del país (AIE, 2016).

La legislación alemana que fue introducida en 2015, da lugar a que las administraciones locales permitan a los vehículos eléctricos acceder a los carriles de autobús y otras zonas normalmente restringidas (AIE, 2016).

Además también hay reducciones de impuestos en las empresas, de manera que desde 2013 se reducían los impuestos sobre el precio del vehículo en 500 euros por kWh hasta un máximo de 10.000 euros. Sin embargo, este beneficio se va acotando con el paso del tiempo, de modo que por cada año transcurrido desde 2013, los 500 euros se reducen en 50 por año, y el máximo de 10.000 se reduce en 500 euros al año (Tietge et al., 2016).

Uno de los objetivos prioritarios del Gobierno es el de reducir las trabas administrativas para la instalación de puntos de recarga privados. Un inquilino debe

³⁶ Este hito de la búsqueda de influencia exterior de la industria alemana y otras cuestiones sobre su industria energética pueden verse en más detalle en *The German energy transition ("Energiewende"). Policy, Energy Transformation and Industrial Development* (Álvarez et al., 2016).

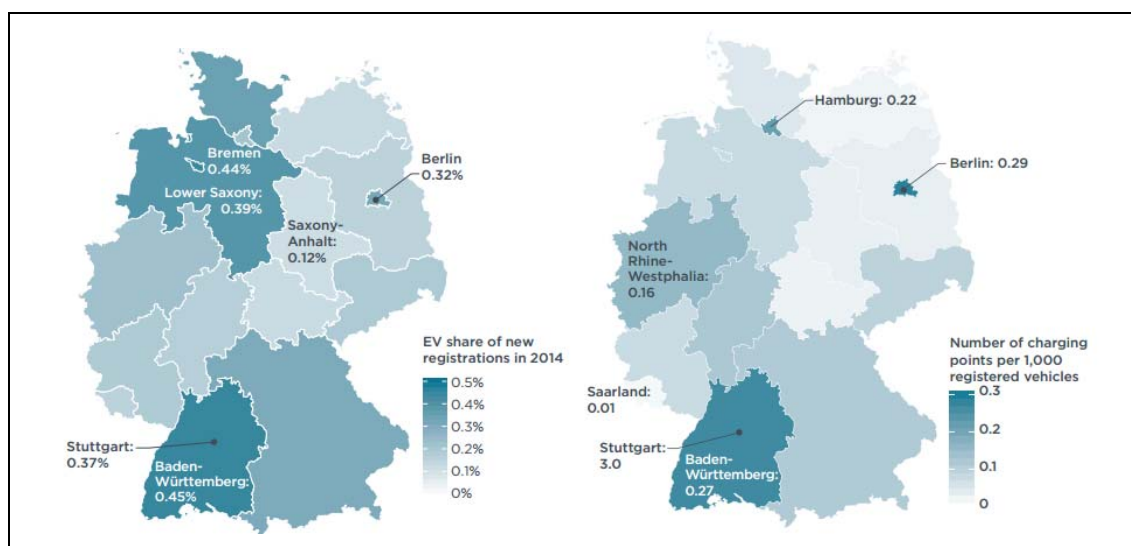
Esto cobra especial relevancia en materia del vehículo eléctrico, ya que IRENA es una de las principales instituciones colaboradoras de la CEM-EVI en dicho campo. Otro de los principales colaboradores de la CEM-EVI con sede alemana es la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ).

³⁷ Esta cifra podría ascender hasta 1.600 millones de euros (BMW, 2016).

contar con la aprobación de todos sus vecinos para la instalación de un punto de recarga, lo que supone una gran barrera. Debido a ello, los *länder* de Baviera, Sajonia y Hesse presentaron en el Bundesrat una iniciativa para reducir estas trabas (Gobierno Estatal de Baviera, 2016).

A continuación en la figura siguiente se resume la situación en 2014 en Alemania en cuanto a ventas de vehículos eléctricos e infraestructura de recarga. En la siguiente figura puede apreciarse la distribución de la penetración de vehículos e infraestructuras. El *länder* más equilibrado en cuanto a desarrollo de infraestructura y ventas de vehículos eléctricos es Baden-Württemberg, pero Baja Sajonia destaca en número de vehículos matriculados frente a una baja densidad de infraestructuras.

FIGURA 14. *Länder* de Alemania según el porcentaje de vehículos eléctricos respecto al total de matriculaciones (izquierda) y número de puntos de recarga por cada 1.000 vehículos matriculados (derecha) en 2014



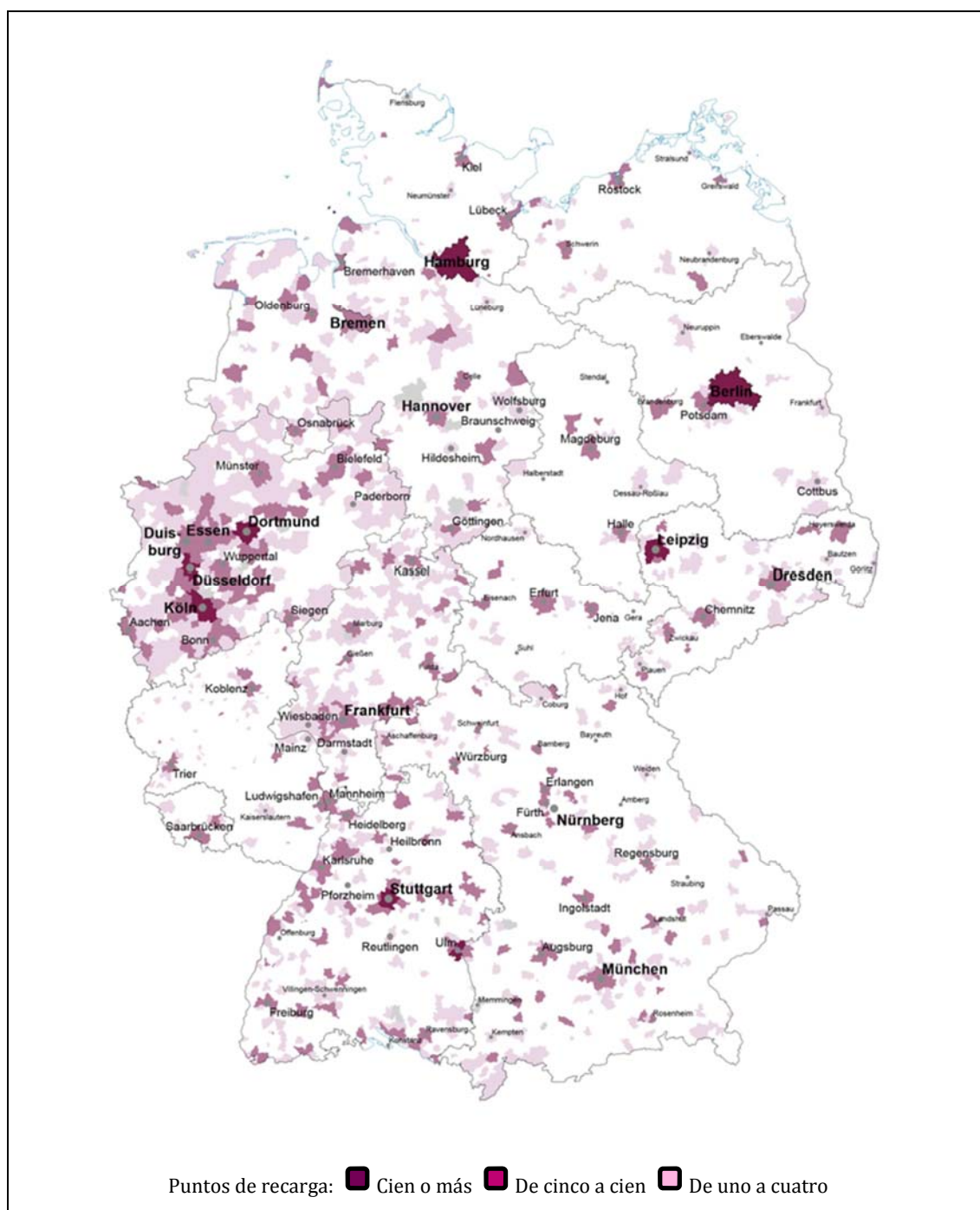
Fuente: (Tietge et al., 2016).

Los puntos de recarga existentes en Alemania son fruto de la iniciativa privada en combinación con iniciativas económicas y proyectos de financiación. Por otra parte, el Marco de Acción Nacional alemán subraya que el desarrollo de la infraestructura que la instalada hasta la fecha es debida en mayor grado a proyectos de investigación y de demostración, que a la intención de cubrir necesidades futuras.

De hecho, el Quinto Informe de Seguimiento del *Energiewende* recoge que en julio de 2016 había 230 puntos de recarga rápida, de los cuales la mayoría están en regiones que han acogido proyectos de demostración, principalmente en las conexiones entre grandes ciudades. Asimismo, desde 2016 se ha comenzado un programa para instalar puntos de recarga rápida en las 430 estaciones de servicio de las carreteras federales, de cara a asegurar la conducción en larga distancia. También señala que a finales de 2015 había en total 5.836 puntos de recarga públicos, que en julio de 2016 ascendieron a 6.517 (BMW, 2016).

La distribución de las infraestructuras por municipios puede apreciarse en la siguiente figura. El caso de los municipios es relevante debido a la alta presencia de pequeños distribuidores de electricidad municipales o *stadtwerke*, que suministran energía directamente a 20.000 municipios alemanes (Álvarez et al., 2016), lo que supone una característica específica del sistema eléctrico alemán, por lo que el nivel municipal ha de tenerse en cuenta para la comprensión de la electromovilidad en este país.

FIGURA 15. Puntos de recarga eléctrica públicos por municipios en diciembre de 2016



Fuente: (BDEW, 2017).

En número de puntos de recarga públicos destacaban a finales de 2016 las ciudades de Stuttgart (375), Berlín (536) y Hamburgo (292), mientras que los estados con mayor número de puntos son Renania del Norte-Westfalia, Baden-Wuerttemberg y Baviera (BDEW, 2017).

En marzo de 2017 se contabilizaban un total de 1.142 ciudades o municipios que tuviesen al menos un punto de recarga en vías públicas, cifra superior a las de junio de 2016, que eran 1.007. Sólo entre mediados y finales de 2016 las infraestructuras de recarga rápida se incrementaron en un 20% (BDEW, 2017).

El MAN alemán considera que la expansión de los sistemas rápidos de recarga tienen gran importancia en la aceptación de la electromovilidad, ya que lo que se debería lograr como meta es una equiparación del concepto de repostaje de vehículos convencionales con la recarga eléctrica.

De acuerdo con el Marco de Acción Nacional alemán serían necesarios, tanto en puntos de recarga normal como rápida, los que se indican en la tabla siguiente, para al año 2020 respecto a la situación del MAN (finales del año 2016). Sin embargo, el MAN alemán llama la atención en que hasta ahora gran parte de la infraestructura de carga rápida se ha instalado en carreteras y pensando en viajes largos, y que es necesario su desarrollo orientado al tráfico diario en grandes ciudades.

TABLA 21. Puntos de recarga públicos adicionales que se recomienda instalar para 2020 en Alemania respecto a 2016

Carga normal	Carga rápida
36.000	7.000

Fuente: (Gobierno de Alemania, 2016).

5.3.2. Holanda

Un elemento de gran relevancia en Holanda es el Acuerdo Nacional de Energía para un Crecimiento Sostenible, elaborado con la participación de cuarenta organizaciones entre instituciones públicas y agentes privados, con el objetivo de reducción de las emisiones de CO₂ en el transporte del 17% en 2030 y del 60% en 2050. El Acuerdo contempla un capítulo específico para movilidad que se complementa con la Visión de Combustibles Sostenibles, que establece que en el año 2035 todos los vehículos nuevos que se vendan en el país han de estar libres de emisiones (EAFO, 2017), lo que en términos del tanque a la rueda solo deja lugar a vehículos eléctricos.

En este contexto, el impulso a la electromovilidad en Holanda es muy relevante y se ve como una oportunidad económica en la que tenga lugar una gran interrelación entre empresas, ONGs, instituciones académicas y de investigación e instituciones públicas. De esta manera, se ha promovido un elevado nivel de emprendimiento en

el sector, y una gran presencia de las empresas holandesas en toda la cadena de valor de la electromovilidad³⁸.

En este sentido puede mencionarse la iniciativa de Allego, una empresa holandesa dedicada a los sistemas de recarga de vehículos eléctricos, que junto a la finlandesa Fortum Charge & Drive pretende crear una red paneuropea de puntos de recarga de sistema abierto (Allego, 2017).

Los incentivos fiscales han sido en Holanda el principal hilo conductor del avance de la electromovilidad, desde que se estableciese a comienzos de 2015 y se intensificase un año después. Se espera que entre 2017 y 2020 tengan efecto cambios importantes en esta línea en el sistema fiscal holandés. Esto puede ocurrir incluso en detrimento de los PHEV, de manera que sus beneficios fiscales irían reduciéndose progresivamente hasta el nivel de los convencionales.

Los vehículos de emisiones cero de CO₂ están exentos del impuesto de matriculación. A partir de ahí, el sistema es de impuestos progresivos que varían con las emisiones de CO₂ del vehículo, que se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 22. Sistema de impuestos de matriculación en Holanda según emisiones de CO₂ para un vehículo actual

Nivel	Emisiones (gCO ₂ /km)	Impuesto de matriculación (€/gCO ₂)	€
1	1 - 79	6	6 - 474
2	80 - 106	69	5.520 - 7.314
3	107 - 155	112	11.984 - 17.360
4	156 - 174	238	37.128 - 41.412
5	175 o más	476	83.300 o más

Nota: Las emisiones son del tanque a la rueda (TTW).

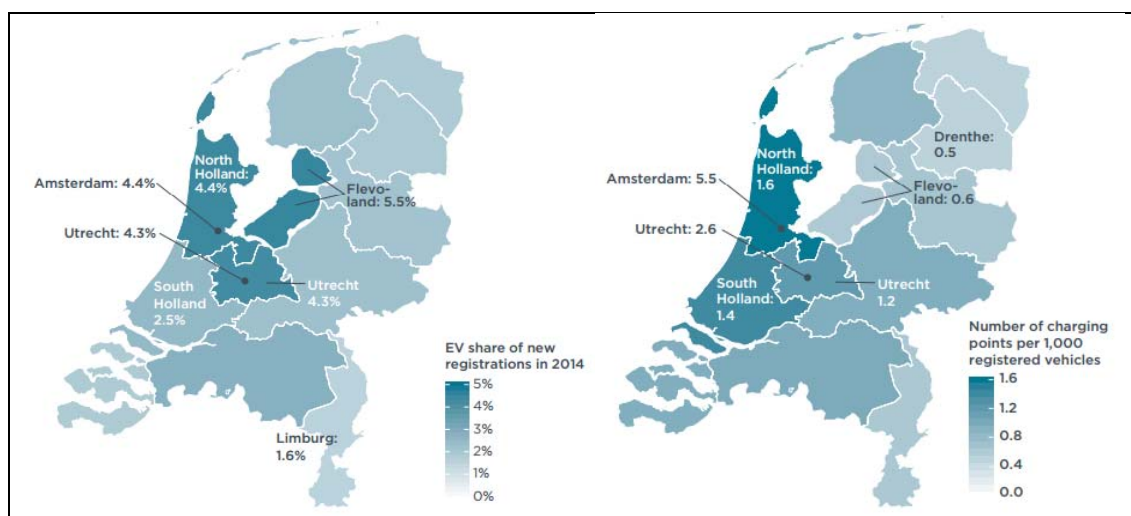
Fuente: reelaborado de (ACEA, 2015).

Los PHEV estarían incluidos en la primera categoría. De hecho, si estos son de menos de 51 g/km en emisiones de CO₂, su impuesto de matriculación se reduce a la mitad del de los vehículos convencionales. Sin embargo, en el caso de emisiones nulas, el vehículo está exento. Respecto a las ayudas a la compra de VE o la instalación de infraestructura, estos no existen a nivel nacional pero sí en ciertas regiones.

En el siguiente mapa se puede apreciar la distribución por regiones de la penetración eléctrica, que en el caso holandés se da un relativo equilibrio entre ventas y densidad de infraestructura, si bien es en las regiones del centro donde parece que la tendencia de matriculación es más intensa.

³⁸ Cabe mencionar como característica de la economía holandesa que no es sede de ningún gran fabricante de automóviles ni tiene una industria de componentes de peso.

FIGURA 16. Regiones de Holanda según el porcentaje de vehículos eléctricos respecto al total de matrículas (izquierda) y número de puntos de recarga por cada 1.000 vehículos matriculados (derecha) en 2014



Fuente: (Tietge et al., 2016).

5.3.3. Noruega

Noruega destaca por tener una larga trayectoria en políticas de incentivos al vehículo eléctrico, que comienza en la década de 1990, y que no se ha visto afectada por la alternancia de partidos en el panorama político gracias a un consenso general.

En el caso de Noruega se da la circunstancia particular de que no es un Estado Miembro de la UE. Sin embargo, pertenece al EEE o Espacio Económico Europeo (en inglés EEA o *European Economic Area*), por el que puede participar en el mercado de la UE. Este Espacio Económico, junto con varias “políticas del norte”³⁹, mantienen un estrecho vínculo entre las políticas de la UE y las noruegas (Parlamento Europeo, 2017), de manera que Noruega tiene una clara influencia de la UE.

En este sentido, y como diferenciación de los países de la UE considerados en este estudio, en Noruega la referencia no es el Marco de Acción Nacional, sino el Plan Nacional de Transporte (NTP o *National Transport Plan* en inglés), para el que hay que tener en cuenta dos ediciones distintas: el NTP 2014-2023 y el NTP 2018-2029.

El NTP 2014-2023 contempla como objetivo que el crecimiento del transporte local sea absorbido por los medios de transporte públicos y medios no motorizados, en combinación con restricciones al tráfico de coches privados, buscando una reducción de la densidad de estos en ciertas áreas urbanas. Se menciona específicamente que “en la práctica, los residentes urbanos deben cambiar sus hábitos de transporte”, dando con ello pie a grandes inversiones y a subvenciones para el transporte público. Se da por hecho, además, que los condados que forman Noruega, así como el Municipio de Oslo, no son capaces de asumir los costes de los

³⁹ Dichas políticas se refieren a la Northern Dimension, Council of the Baltic Sea States, Cooperation in the Barents region, Circumpolar Arctic affairs, y la invitación regular del Parlamento Europeo a participar del Consejo Nórdico.

cambios, de manera que el gobierno debe cubrir los sobrecostos, teniendo en cuenta, como cifra indicativa, que por cada nuevo viaje individual mediante transporte público que se añada al transporte público actual, el Gobierno deberá aportar al menos 10 NOK (1,0630 €). Asimismo se recoge la propuesta de las autoridades de transporte de que los acuerdos entre Gobierno, condados y municipios sean vinculantes a la hora de desarrollar los esquemas de transporte en las áreas urbanas (NTP, 2012).

En relación al transporte de mercancías, el NTP en vigor, considera que la normativa internacional actual en materia de emisiones implicará un incremento de emisiones en 2040, de manera que existe una contradicción entre la sostenibilidad ambiental y el crecimiento del transporte (NTP, 2015). Para evitar esto, considera fundamental la implementación de soluciones “de emisión cero”, lo que requeriría: a) investigación y ensayos a gran escala; b) aceleración del cambio de tecnología a través del ajuste del sistema fiscal; c) mayores porcentajes de biocombustibles en el consumo de los combustibles convencionales; y d) apoyo de las infraestructuras de suministro y carga eléctrica.

El objetivo general es la creación de condiciones que permitan a los agentes desarrollarse, teniendo como objetivo la movilidad totalmente eléctrica, que se podría alcanzar tras una situación de transición en la que el GNL es punto de partida para un desarrollo del biogás, en combinación con los biocombustibles y la hibridación.

Asimismo en el caso de Noruega, cabe destacar una gran ventaja para la electrificación del transporte, y es su *mix* de generación eléctrica, cuyas emisiones específicas de CO₂ son las más bajas de los países analizados en este trabajo. La comparación de estas puede verse más adelante en el subapartado de comparaciones.

El NTP 2018-2029 se implementará en sustitución del vigente, a partir de la primavera de 2017. Este documento destaca el hecho de que Noruega alcanzó los 100.000 vehículos eléctricos en mayo de 2016, siendo el cuarto en hacerlo en la historia, solo superado por Estados Unidos, China y Japón. Este incluye como objetivo que las emisiones del transporte deben ser reducidas en un 50% en 2030 (NTP, 2016) y (Bellona Europa, 2017).

Por otra parte, el Gobierno noruego gestiona a través del Ministerio de Petróleo y Energía una empresa pública llamada ENOVA, orientada desde el año 2001, a la reducción nacional del consumo energético y al desarrollo de un modelo energético sostenible. Es a través de esta entidad por la que se canalizan varias iniciativas a nivel estatal.

Entre ellas, en el año 2016 se lanzó un programa de gestión con los condados noruegos y los municipios que busca el desarrollo de infraestructuras eléctricas destinadas a autobuses y ferris, desarrollando también treinta y tres proyectos de alimentación eléctrica para barcos de cero emisiones en la costa o buques que

mediante motores eléctricos y recargas de los mismos no necesitan utilizar motores auxiliares cuando estén atracados en muelle. Asimismo se contempla el desarrollo con la industria nacional de cargadores eléctricos una red nacional de cargadores rápidos para vehículos particulares (ENOVA, 2017).

Varios sectores, desde las piscifactorías a los cruceros, están implementando sistemas de conexión con los muelles para evitar usar el diésel, mientras que ya hay veintidós rutas que requerirán ferris de bajas emisiones o nulas. Cuando la electrificación sea especialmente complicada, los biocombustibles se priorizarán más que en otros sectores donde sea más sencillo el desarrollo de la electromovilidad.

Respecto a las infraestructuras de recarga, el apoyo más reciente se llevó a cabo a través de cuatro convocatorias de ayudas entre 2015 y 2016 para infraestructuras básicas en los corredores contemplados por el NTP. En la cuarta las ayudas se orientaron para el extremo norte de Noruega, pero no se recibieron solicitudes que cubriesen los requisitos, lo que en parte se achaca a las bajas densidades de población y las largas distancias en dicha zona, ya que la financiación no se considera un problema grave, pues ENOVA puede llegar a cubrir el cien por cien de la inversión. En 2017 se prevé un nuevo apoyo a cargadores rápidos, si bien el mecanismo de ayuda está todavía por concretar.

Respecto a las adquisiciones de vehículos nuevos, a partir de 2025, todos los vehículos nuevos del tipo de coches privados, autobuses urbanos y furgonetas ligeras deberán ser “vehículos de emisión cero”. Asimismo, a partir de 2030, deberán ser de este tipo las nuevas furgonetas pesadas, el 75% de los nuevos autobuses de larga distancia y el 50% de los nuevos camiones. Para ello, se continuará con la exención de impuestos, los beneficios del tipo de facilidades de aparcamiento.

Entre los principales incentivos está la exención en el impuesto de matriculación para los BEV (incluye los vehículos de pila de combustible) y una reducción hasta 10.000 € para los PHEV. También se reduce el impuesto de propiedad, y no se paga el IVA para los BEV y FCEV.

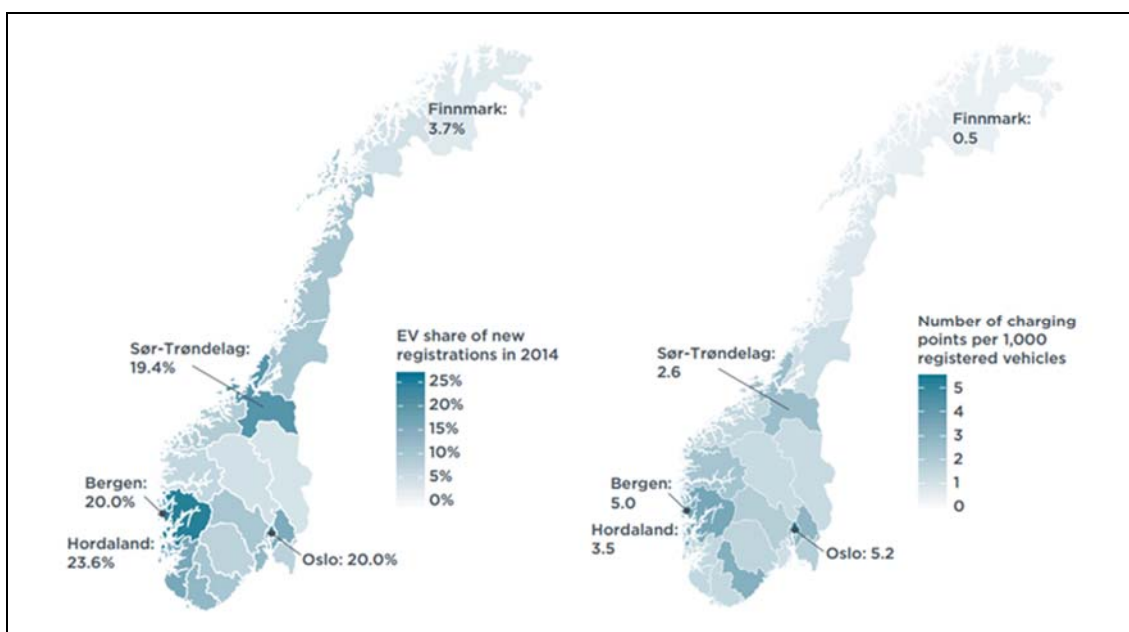
El Observatorio Europeo de Combustibles Alternativos (EAF0, 2017) estima que en 2030 se alcanzará en Noruega una tasa de ventas del 30% de vehículos eléctricos, y se espera alcanzar un parque en 2020 de 250.000 vehículos eléctricos. Esto implicaría 25.000 puntos de carga públicos en 2020 frente a los 1.350 de 2015. Para ello el Gobierno ha lanzado un plan según el cual a partir de 2017 se debería disponer de dos puntos de recarga de modalidad múltiple⁴⁰ cada 50 kilómetros en las principales carreteras, para lo que habrá financiación pública.

En la distribución de la penetración por condados, esta se da sobre todo en la mitad sur del país, con cierto equilibrio entre ventas y densidad de infraestructuras, con

⁴⁰ Entiéndase por múltiple modalidad un sistema de recarga que recoja distintos sistemas, como Tesla o ChaDeMo, entre otros. Véase anexo 3.

dos claras excepciones, como son Sør-Trøndelag y Hordaland, donde las ventas son muy altas en comparación con la presencia de infraestructuras.

FIGURA 17. Condados de Noruega según el porcentaje de vehículos eléctricos respecto al total de matrículas (izquierda) y número de puntos de recarga por cada 1.000 vehículos matriculados (derecha) en 2014



Fuente: (Tietge et al., 2016).

En relación con el hecho de que Noruega no pertenezca a la UE, cabe mencionar su relación directa con sus vecinos nórdicos, con los que establece colaboración en el diseño de corredores de infraestructuras comunes, como se puede ver a continuación en la descripción del caso sueco.

5.3.4. Suecia

Para contextualizar el caso sueco, es importante destacar que Suecia pretende una reducción del 70% de las emisiones de CO₂ en el sector transporte para 2030 (Tietge, 2017).

En 2015 se destinaron 1.925 millones de SEK para inversiones locales de mejora climática entre los años 2015 y 2018. A partir de 2017 se refuerzan estas políticas con el programa *Klimatklivet*, que en total aporta 1.600 millones de SEK hasta 2020. Entre algunas de sus iniciativas derivadas, está la cobertura del 40% de la instalación de los puntos de recarga, habiéndose hecho la inversión en 3.849 puntos hasta la fecha (Gobierno de Suecia, 2016).

Existe una ayuda de tipo “premium” (*Supermiljöbilspremie*) de 20.000 SEK (coronas suecas, aproximadamente 2.100 €) para PHEV, siempre y cuando no se superen las emisiones de CO₂ en 50 g/km, y de 40.000 SEK (4.200 € aproximadamente) para los BEV (EAFO, 2017). En cualquier caso, este programa será revisado a partir de 2018 por el Gobierno Sueco.

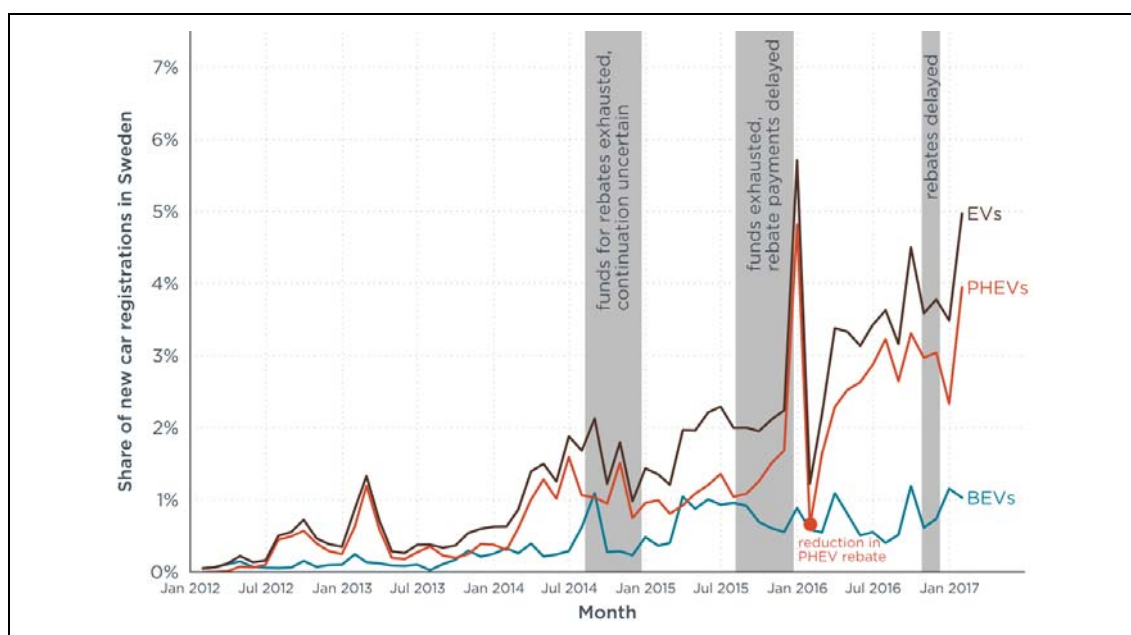
De hecho, las ayudas para los PHEV son la mitad que para los BEV desde 2016 (Tietge, 2017), lo que en su momento afectó negativamente a la ventaja en ventas del PHEV frente a las del BEV, como se verá a continuación.

Este programa fue introducido en 2012 con el objetivo de financiar 5.000 vehículos (Tietge, 2017). Aunque esta cifra se alcanzó en 2014, lo cierto es que el programa continuó durante los siguientes años. Sin embargo, a pesar de su extensión en el tiempo, el programa ha ido encontrando barreras financieras por épocas, según el presupuesto asignando se iba agotando por el crecimiento de la demanda.

Algunos meses puntuales el mercado sueco ha alcanzado algunas de las cotas de ventas de vehículos eléctricos más altas del mundo, aunque este mercado está más inclinado a los PHEV (un tercio de las existencias) que a los BEV (Gobierno de Suecia, 2016).

De esta manera, entre agosto de 2014 y diciembre del mismo año se dio la primera interrupción del programa de ayudas, dando lugar a una caída del mercado durante dichos meses. Dicha interrupción se volvió a producir en un periodo similar en 2015, y en 2016 de nuevo entre octubre y diciembre.

GRÁFICO 53. Evolución de la variación de matriculaciones de vehículos eléctricos en Suecia con las interrupciones de la *Supermiljöbilspremie*



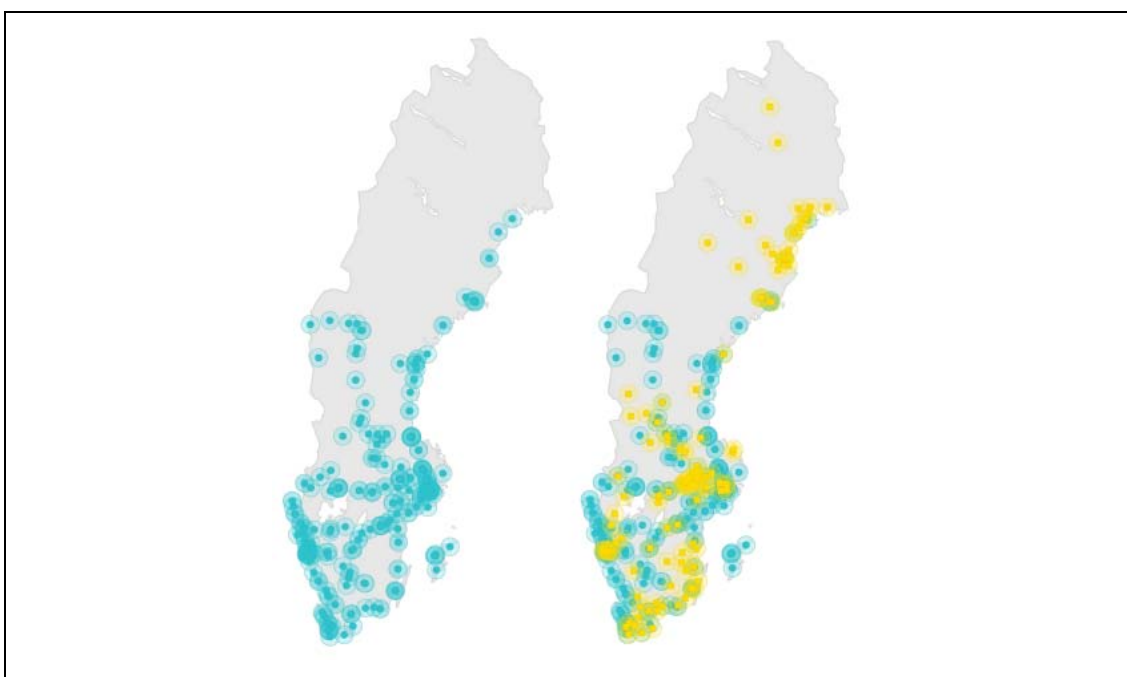
Fuente: (Tietge, 2017).

La incertidumbre del programa, que aunque ocasional podía durar meses, se ha visto agravada además por el hecho de que las ayudas no se aportan directamente en el momento de compra, sino que la Agencia Sueca de Energía controla las ventas de vehículos eléctricos, tras lo cual contacta con los usuarios y les ofrece la ayuda una vez hayan completado un proceso administrativo.

También hay una exención en los cinco primeros años del pago del impuesto de anual de circulación (EAFI, 2017). Asimismo, desde 2011 es posible para los municipios o la Administración del Transporte crear plazas de aparcamiento dedicadas exclusivamente a vehículos eléctricos (Gobierno de Suecia, 2016).

Respecto a los puntos de recarga totales, el Marco de Acción Nacional sueco destaca la inexistencia de registros oficiales debido a las infraestructuras domésticas. Respecto a la recarga rápida, en el siguiente mapa se puede ver la ubicación geográfica general y la previsión de extensión en el corto plazo, que actualmente se distribuye por la periferia y que se concentrará sobre todo en las áreas urbanas del centro y sur del país.

FIGURA 18. Puntos de carga rápida (>50kW) en Suecia, en septiembre de 2016 (izquierda) y evolución prevista en julio de 2018

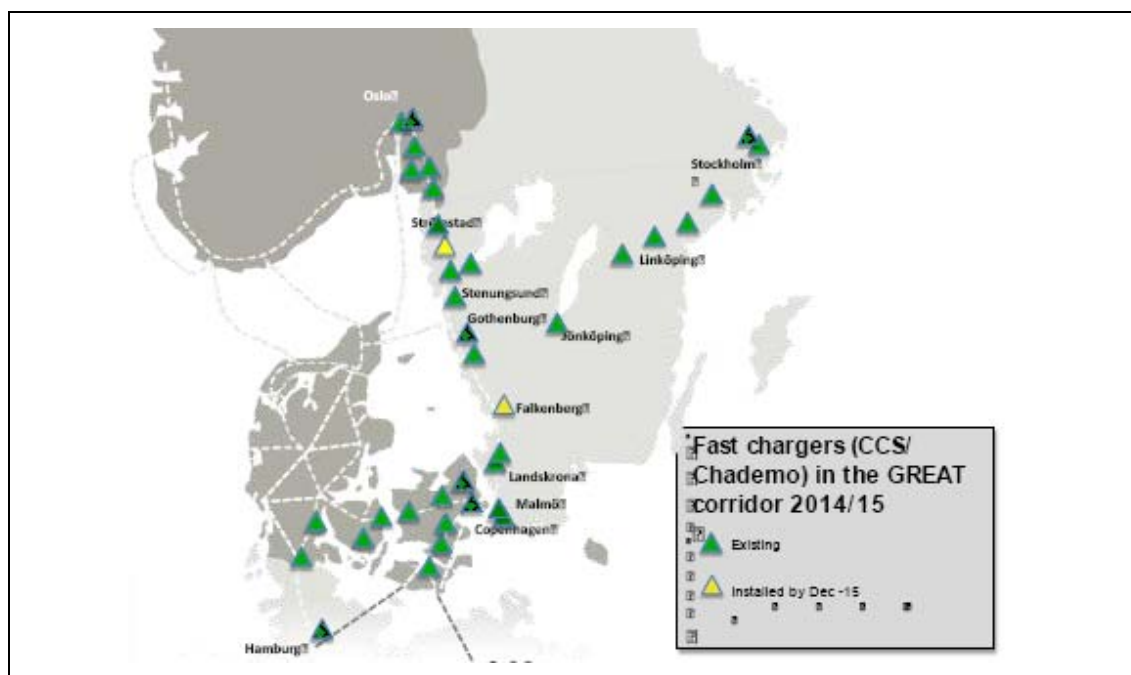


Nota: Cada círculo representa un radio de 50 km. Son cargadores de tipo CCS/Combo. La situación a 2018 es siempre y cuando se haya llevado a cabo el programa *Klimatklivet*.

Fuente: (Gobierno de Suecia, 2016).

Como se ha mencionado, los países nórdicos establecen colaboración en el diseño de corredores de infraestructuras comunes, como se puede apreciar en la siguiente figura. Es lógico que estos países tan claramente avanzados en la penetración del vehículo eléctrico, incluyendo el caso de Dinamarca que se menciona a continuación, establezcan acuerdos o tengan políticas similares para el desarrollo de infraestructuras.

FIGURA 19. Cargadores rápidos entre 2014 y 2015 en el entorno geográfico de Noruega



Fuente: (Comisión Europea, 2014).

Los programas especiales de investigación que se desarrollan en Suecia desde 1975 tienen como una de sus seis áreas temáticas el transporte, gestionada por la Agencia Sueca de Medioambiente, incluyendo la electrificación del mismo. La financiación de esta área ha supuesto en el periodo 2013-2015 un tercio de la financiación total (Gobierno de Suecia, 2016).

Por último, respecto al caso de autobuses y camiones, que por su carácter de medios de transporte pesados su electrificación está más limitada, se ha implantado un proyecto de investigación con el objetivo de superar esta circunstancia. Así, Suecia es el primer país del mundo en ensayar la alimentación dinámica de electricidad a vehículos pesados en carretera. En junio de 2016 se inauguró un tramo de dos kilómetros en la vía E16 cerca de Sandviken, en el que mediante un pantógrafo suministra energía a un motor híbrido en un camión (Gobierno de Suecia, 2016).

FIGURA 20. Camión híbrido de Scania en circulación (izquierda) y pantógrafo de recarga (derecha)



Fuente: (SCANIA, 2016).

Por otro lado, en las inmediaciones del aeropuerto de Arlanda de Estocolmo, se ensaya con la recarga eléctrica de los vehículos pesados durante su rodaje. La investigación se llevará a cabo hasta 2018 para desarrollar, si fuese el caso, modelos de aplicación futura. Estos proyectos son financiados por el Estado pero también por agencias regionales y la misma industria.

5.3.5. Otros casos reseñables: Estonia y Dinamarca

Como casos complementarios a los ya vistos en este apartado, hay países que aunque no son objeto de comparación en este estudio, representan casos paradigmáticos de la relación entre políticas y desarrollo de penetración de vehículos eléctricos por el retroceso que ha experimentado el vehículo eléctrico en los últimos años, en paralelo con la reducción de apoyo estatal.

Un ejemplo entre los países pioneros en el desarrollo de vehículos eléctricos es Estonia, que en 2012 desarrolló una red nacional de puntos de recarga, con puntos cada 40-60 kilómetros en carreteras y en todas las poblaciones con más de 5.000 habitantes (casi dos tercios de los cargadores están en áreas urbanas y el resto en carreteras), convirtiéndose en el primer país⁴¹ del mundo en alcanzar este hito (ELMO, 2017). Según datos de EAFO (2017), los puntos de recarga rápida en 2012 eran ya 160, una cifra superior a la que en esas fechas presentaban países como Noruega, Suecia, Holanda o Francia, que han alcanzado cuotas significativas de penetración eléctrica.

Esta red nacional se estableció dentro de un ambicioso programa de impulso del vehículo eléctrico denominado ELMO, que comprendía tres líneas de actuación: a) la mencionada red nacional de recarga; b) compra de vehículos eléctricos por parte del Gobierno; y c) un programa de ayudas a la compra de vehículos eléctricos desde el año 2011 (incluyendo desde 2012 los PHEV) que finalizó en agosto de 2014.

⁴¹ Compárese la superficie de Estonia (45.336 km²), la de Dinamarca (43.094 km²) y la de la CAPV (7.234 km²).

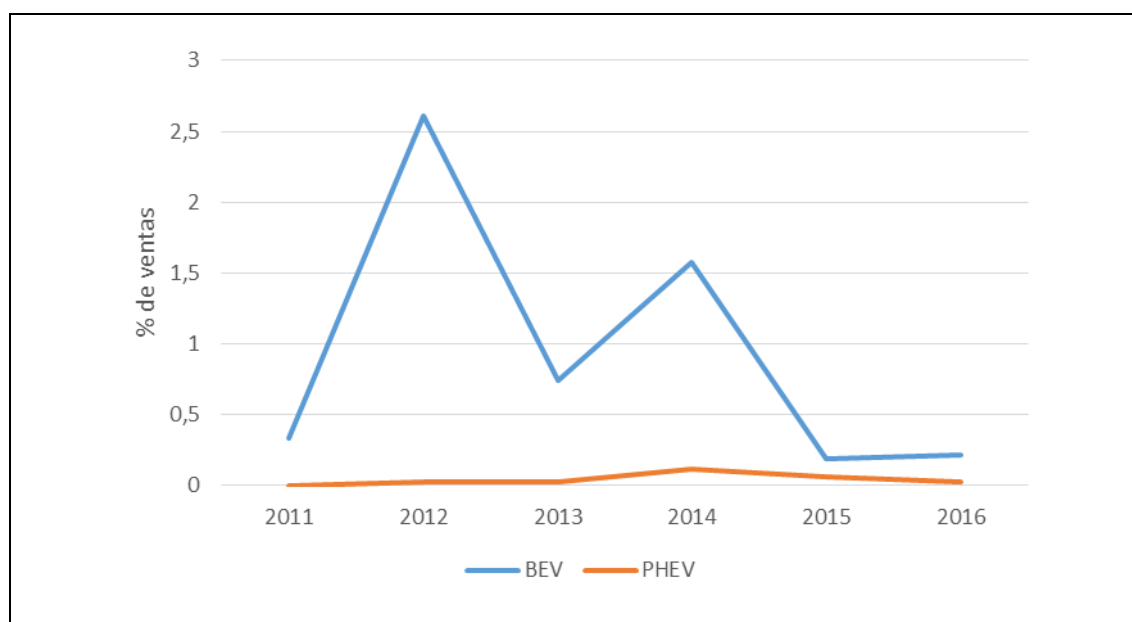
También se desarrolló un programa de alquiler de estos vehículos, cuyo final está anunciado para julio de 2017 (ELMO, 2017).

Estas ayudas a la compra cubrían la mitad del precio del vehículo hasta un tope de 18.000 € (hasta el 30% para PHEV, máximo 12.000 €), además de un apoyo a un punto de recarga doméstico de 1.000 € (ELMO, 2012), lo que implicó un desembolso de 10,5 millones de euros entre 2011 y 2014 por parte de las autoridades estonias (ELMO, 2014).

El resultado de aplicar unas ayudas tan altas⁴² ha sido el de un mercado con un crecimiento abrupto pero no sostenido, Como se aprecia en el siguiente gráfico, las ventas de BEV experimentaron un gran crecimiento tras la implementación de las ayudas, de tal manera que Estonia pasaba de un 0,33% de cuota de ventas en 2011 a un 2,61% en 2012 según datos de EAF0, cifra cercana a la de Noruega ese año (3,1% en ventas de VE), y superior a la de Holanda y Suecia también en ese año (1,02% y 0,33% respectivamente).

Con la finalización del programa en agosto de 2014, las ventas no sólo cayeron del 1,58% de ese año a un 0,19% en 2015, sino que se siguen manteniéndose en valores bajos en 2016 y 2017 (ver gráfico siguiente).

GRÁFICO 54. Evolución de la cuota de ventas del vehículo eléctrico en Estonia



Fuente: elaboración propia a partir de (EAF0, 2017).

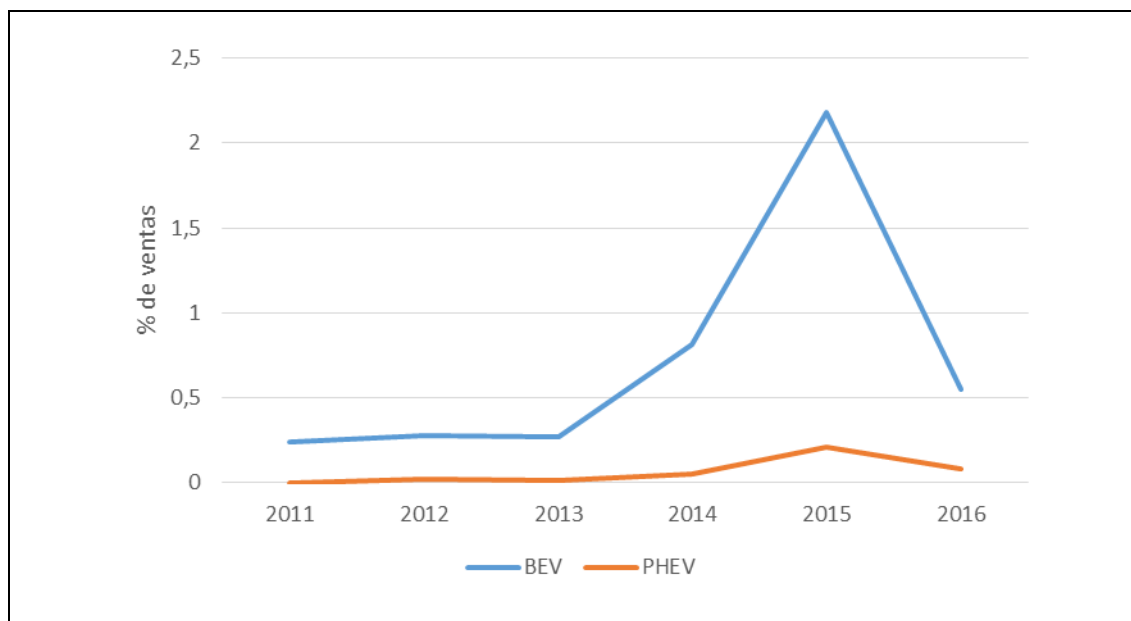
Otro caso que apunta en la misma dirección que la experiencia estonia es el de Dinamarca. Este país comenzó en 2016 a aplicar impuestos de matriculación a los vehículos eléctricos tras años de exención de este. Aunque en 2016 se ha aplicado de manera reducida (un 20% del impuesto aplicado a los vehículos convencionales), se irá incrementando hasta que se vendan 5.000 nuevos vehículos o hasta que llegue el año 2019. A partir de ahí, se incrementará hasta que vehículos eléctricos y

⁴² Como comparación, el sueldo medio de Estonia es de 1.100 € al mes (Sahuquillo, 2017).

convencionales paguen el mismo impuesto, lo que está previsto para 2022. Asimismo, los programas de incentivos que Dinamarca aplicaba desde 2008 también se han detenido en 2016 (AIE, 2017).

En el siguiente gráfico se aprecia cómo los incentivos que ahora el gobierno danés recorta contribuyeron al crecimiento del mercado del vehículo eléctrico. Sin embargo, es a partir del anuncio del fin de estos, que la caída en ventas es abrupta.

GRÁFICO 55. Evolución de la cuota de ventas del vehículo eléctrico en Dinamarca



Fuente: elaboración propia a partir de (EAFO, 2017).

De hecho, Dinamarca es el único país que revisa a la baja su objetivo en vehículos eléctricos (200.000 en 2020), de los catorce países que en 2016 tenían fijado un objetivo a futuro en cuanto a parque de vehículos eléctricos⁴³ (AIE, 2017). En cualquier caso, Dinamarca ha establecido para 2017 el inicio de un sistema de bonificación fiscal en relación a la capacidad de la batería, de manera que una ayuda de 1.700 DKK/kWh (225 \$/kWh) se aplicará hasta 45 kWh (aproximadamente 10.000 \$), entre otros incentivos existentes, si bien esto ha de ser aprobado por la Comisión Europea.

Estos ejemplos muestran por tanto que el apoyo expreso a los vehículos eléctricos no solo es efectivo, sino que necesita ser continuado en el tiempo, pues en su ausencia el mercado no es capaz de mantener el impulso en las fases iniciales del desarrollo.

Por este motivo es relevante prestar atención a las políticas seguidas en cada país y cómo estas han contribuido a la situación alcanzada por cada uno y qué experiencia

⁴³ Por otra parte, de esos catorce solo uno (Corea) ha revisado su objetivo al alza.

y antecedentes sientan estas, de manera que puedan ayudar a alcanzar sus respectivos objetivos.

Por ello, en el subapartado siguiente se trata de establecer comparaciones de los países examinados hasta aquí.

5.3.6. Algunas comparaciones

En este subapartado se procede a realizar, a modo de resumen, comparaciones que permiten tener una idea general sobre los países analizados en cuanto a la penetración de los vehículos eléctricos. En él se recogen las relaciones que se consideran más relevantes, añadiendo en un anexo aquellas que, aun siendo de interés, resultan menos explicativas.

En primer lugar, se resumen y comparan, para los diferentes países, datos relativos al volumen del parque de vehículos eléctricos existentes, a las tasas de penetración en cuanto a ventas sobre el total en los últimos años, así como para los puntos de recarga. Asimismo, se recogen los datos, en los casos en que están disponibles, sobre los objetivos a alcanzar en el futuro.

Una segunda sección sintetiza los principales incentivos, bien para vehículos o para infraestructuras, obteniendo algunas conclusiones, aunque estas no tengan el carácter de definitivas.

Finalmente, en una tercera sección se representan y analizan la combinación de una serie de ratios que ilustran relaciones para los países estudiados. Un bloque se refiere a las ventas respecto parámetros económicos, tales como la renta familiar disponible, la diferencia de precios entre electricidad y gasolina, o sociales como el número de viviendas unifamiliares. Un segundo bloque analiza los puntos de recarga respecto a la superficie y densidad de población.

Análisis de datos básicos

A continuación se realiza una comparación de la situación en cada país, a 2016, de magnitudes relativas al vehículo eléctrico, de manera que se pueda hacer una primera comparación.

TABLA 23. Datos básicos de los países analizados en 2016

	Francia	Alemania	Holanda	Noruega	Suecia	España
Cuota de ventas de VE sobre ventas totales (%)	1,46	0,73	6,39	28,76	3,41	0,32
Matriculaciones	34.735	27.520	23.123	45.595	13.688	4.505
VE en circulación	106.340	77.644	106.114	115.202	30.232	11.129
Objetivo de ventas de VE sobre ventas totales a 2020 (%)	20	6	10	30*	-	3
Objetivo de reducción de emisiones de CO ₂ a 2020 respecto a 2005 (%)	-14	-14	-16	-	-17	-10
Puntos de recarga normal	14.250	16.266	26.088	7.040	1.654	3.312
Puntos de recarga rápida	1.593	1.687	612	1.117	1.084	362
Puntos de recarga totales	15.843	17.953	26.700	8.157	2.738	3.674
Puntos de recarga rápida sobre totales (%)	10	9	2	14	40	10
Objetivos en puntos de recarga a 2020 (miles)	7.000	60	-	25	-	-
Puntos de recarga públicos por matriculaciones (por mil)	460	650	1.150	180	200	820
Puntos de recarga públicos por VE en circulación (por mil)	150	230	250	70	90	330
Matriculaciones por punto de recarga	2,2	1,5	0,9	5,6	5	1,2
VE en circulación por punto de recarga	6,7	4,3	4	14,1	11	3

Nota: los objetivos en ventas son promedio para el periodo 2016-2020. (-) implica dato no disponible.

Nota 2: (*) objetivo a 2030. Para ese año han de ser de emisión cero todos los vehículos nuevos de tipo furgonetas pesadas, 75% para autobuses larga distancia y 50% para camiones; los vehículos de pasajeros y comerciales ligeros deberán haber alcanzado este objetivo en 2025.

Nota 3: los objetivos en reducción de emisiones son los correspondientes a los *Effort Sharing Decision* (ESD), que incluyen el sector transporte (excepto aviación).

Fuente: elaboración propia a partir de (EAFO, 2017), (Tietge et al., 2016), (AIE, 2017) y (AIE, 2016).

Comparación de incentivos

Los países aplican de manera desigual instrumentos para estimular la movilidad eléctrica. Esto resulta en tasas distintas de penetración, pero las cifras más exitosas, como las de Noruega y Holanda, no evidencian cuál es el método idóneo para desarrollar este tipo de transporte, ya que entre ellos hay claras diferencias. Cada país tiene características y necesidades diferentes, de manera que las políticas aplicables en uno no tienen por qué ser igualmente válidas en otros. En la siguiente

tabla se puede ver una comparativa de los principales tipos de incentivos aplicados en los países objeto del estudio.

TABLA 24. Principales incentivos por países

		Francia	Alemania	Holanda	Noruega	Suecia	España
Aplicación principal a vehículos	Ayudas a la compra (€)	6.300 - 10.000	4.000	n.a.	n.a.	4.200	5.500
	Reducción de impuesto de matriculación	Sistema <i>bonus-malus</i> basado en emisiones de CO ₂	n.a.	Según emisiones de CO ₂ y eficiencia del combustible	Según peso, potencia del motor y emisiones de CO ₂ y NO _x	n.a.	Según emisiones de CO ₂ (no específico del VE)
	Reducción de impuesto de circulación	Según emisiones de CO ₂ y tipo de combustible	Según emisiones de CO ₂ y capacidad del motor	Según peso muerto, provincia, combustible y emisiones de CO ₂	✓	Según peso, combustible, y emisiones de CO ₂	Según potencia del motor (no específicos del VE)
	Reducción de impuestos a empresas (desgravaciones fiscales)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Reducción de IVA	n.a.	n.a.	n.a.	25%	n.a.	n.a.
Aplicación principal a infraestructuras	Incentivos locales u otros beneficios económicos	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Incentivos para infraestructuras	✓	n.a.	n.a.	✓	n.a.	✓

Nota 1: ✓ implica la existencia del incentivo, pero sin información específica disponible para su descripción. N.a. significa “no aplica”. En cuanto a Dinamarca, analizado en este estudio, presentaría beneficios en ayudas a la compra, en el impuesto de matriculación, en impuestos a empresas, incentivos locales e infraestructuras; Dinamarca por su parte lo actualmente no presentaría ningún incentivo concreto, si bien llegó a ofrecer hasta 18.000 € por BEV y 1.000 € por punto de recarga.

Nota 2: las ayudas a la compra muestran los casos máximos de financiación, es decir, para BEV. En el caso de Francia, puede haber un máximo para un BEV y un máximo para dicha compra y la entrega de un vehículo diésel (véase apartado 5.2).

Fuente: elaboración propia a partir de (EAF0, 2017), (ACEA, 2016) y (ACEA, 2017).

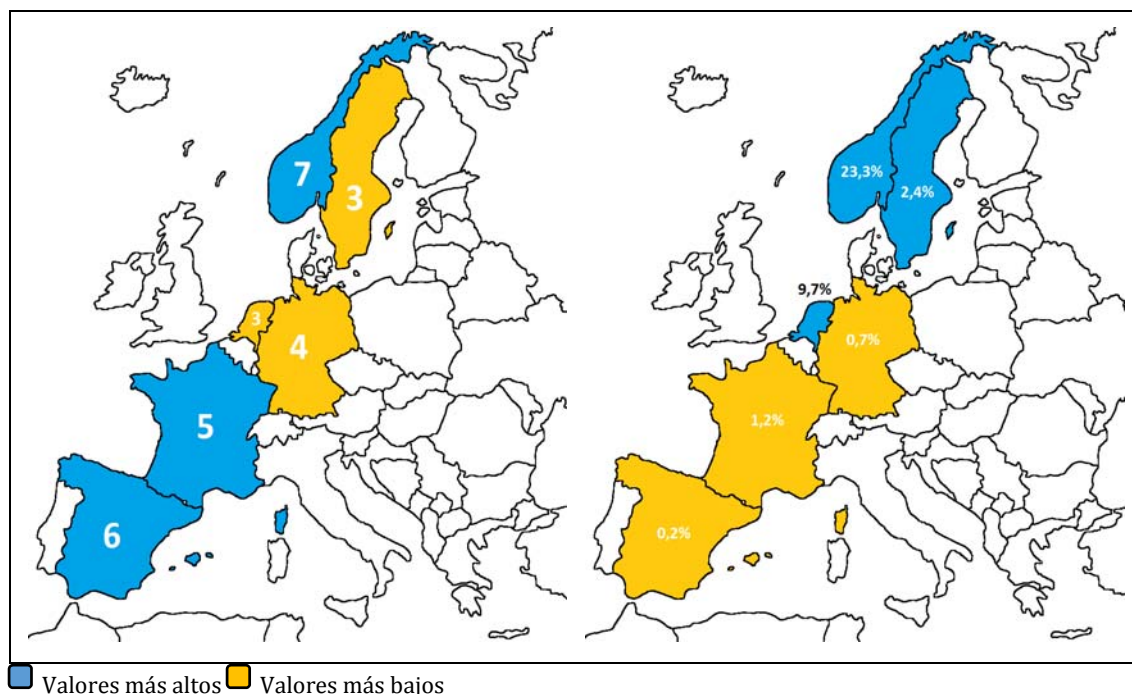
Aunque existen otros países, como España, que le siguen de cerca en número de incentivos, no hay ninguno que iguale a Noruega, siendo el país europeo que aporta una mayor variedad de estos.

Una circunstancia observable es que un mayor número de incentivos (entendiéndose variedad de instrumentos de impulso empleados) no siempre se traduce en una mayor penetración. En el caso de Noruega esto se cumple, pero sin embargo, no así en el caso de Francia y España; a pesar de tener incentivos en mayor número que Suecia y Holanda, sus cuotas de penetración no son superiores

Así, en la siguiente figura, se observa cómo España y Francia estarían a la cabeza del grupo en número de incentivos, pero a la hora de evaluar las ventas, se dan mayores porcentajes en Suecia y Holanda.

Es llamativo que Noruega y Holanda (los dos países con mayor cuota de ventas de vehículos eléctricos en los años 2015 y 2016) no incluyen entre sus instrumentos de apoyo la ayuda a la compra, pero si una reducción en el precio de adquisición por la vía de reducción de los impuestos de matriculación. En Noruega el incentivo está en la reducción del impuesto de matriculación y en la reducción del IVA. En Holanda en la reducción al impuesto de matriculación y al de propiedad. Por su parte, los incentivos directos (ayudas a la compra) en Francia, Alemania, Suecia y España, son fijos, independientemente del precio de adquisición.

FIGURA 21. Comparación de países según la variedad de incentivos (izquierda) y la cuota de penetración del VE (derecha) en 2015



Nota: El porcentaje mide las ventas de vehículos eléctricos (BEV + PHEV) sobre las ventas totales de vehículos en 2015.

Fuente: elaboración propia a partir de (EAF0, 2017) y (AIE, 2016).

Tomando de estos incentivos aquellos que suponen un estímulo directo a la compra, es decir, subvenciones para la compra de vehículo o reducción del impuesto de matriculación, en la tabla siguiente se puede ver una comparación de qué porcentaje suponen estos respecto al precio total del vehículo para el caso de un vehículo privado de pasajeros de tamaño medio. En este aspecto destaca por encima de todos los países Noruega, con prácticamente una reducción del 40% del precio de adquisición del vehículo eléctrico. Le siguen Francia y Holanda, y tras estas España, y finalmente Suecia y Alemania.

En cambio, analizando la cuota de ventas en el año 2016, se ve que esta prelación no se mantiene de igual manera. Noruega sí mantiene la primera posición y Holanda la segunda, pero no así Suecia, que pasa de la quinta a la tercera posición. Los elevados incentivos porcentuales de Francia no se traducen en la mejor posición en ventas.

Si estos indicadores se comparan con el número de puntos de recarga existentes en vías públicas por cada vehículo eléctrico matriculado, se aprecia que el orden también cambia. En este caso es llamativo que Noruega pasa de liderar las posiciones en incentivos y ventas a ser el último en puntos de recarga por vehículo, tanto por ventas en 2016 como por unidades en circulación ese año. Tampoco Suecia y Holanda, colíderes en ventas con Noruega, se posicionan con un alto número de infraestructuras de recarga por vehículo.

La relación puntos de recarga por vehículo es un indicador que no resulta ser significativo en lo respecta a la tasa de penetración del VE, pues no se observa una relación directa de la misma con la infraestructura instalada. En el caso de España y Holanda a pesar de que este indicador es particularmente alto, habiendo aumentado en Holanda en 2016 debido a la caída de ventas en este último año, no conduce a tasas de penetración equivalentes.

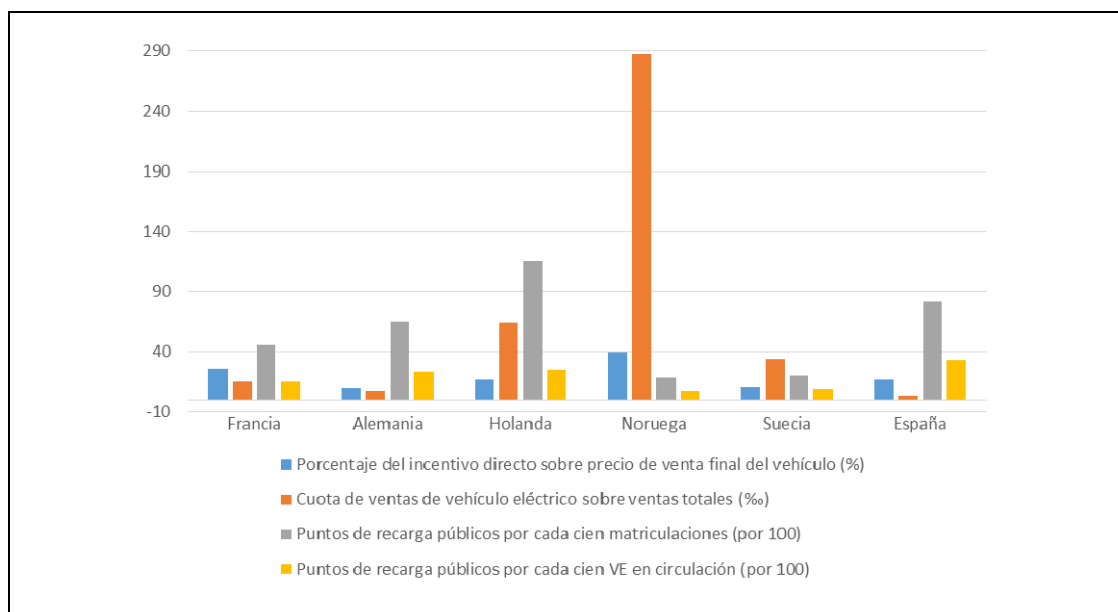
TABLA 25. Estimación del efecto de los incentivos directos en 2016

		Francia	Alemania	Holanda	Noruega	Suecia	España
Cuota de ventas de VE sobre ventas totales	%	1,46	0,73	6,39	28,76	3,41	0,32
	Posición	4 ^a	5 ^a	2 ^a	1 ^a	3 ^a	6 ^a
Porcentaje del incentivo directo sobre precio de venta final del vehículo	%	25,6	10	16,8	39,5	10,6	16,2
	Posición	2 ^a	6 ^a	3 ^a	1 ^a	5 ^a	4 ^a

Nota: En el caso de Francia, Holanda y Noruega están calculados según Tietge et al. (2016) para un BEV de tamaño medio; y en el caso de Alemania, Suecia y España están calculados sobre los precios medios de los vehículos privados de pasajeros en 2014 según Statista (2017d).

Fuente: elaboración propia a partir de (EAFO, 2017), (Tietge et al., 2016), (AIE, 2017), (AIE, 2016) y (Statista, 2017d).

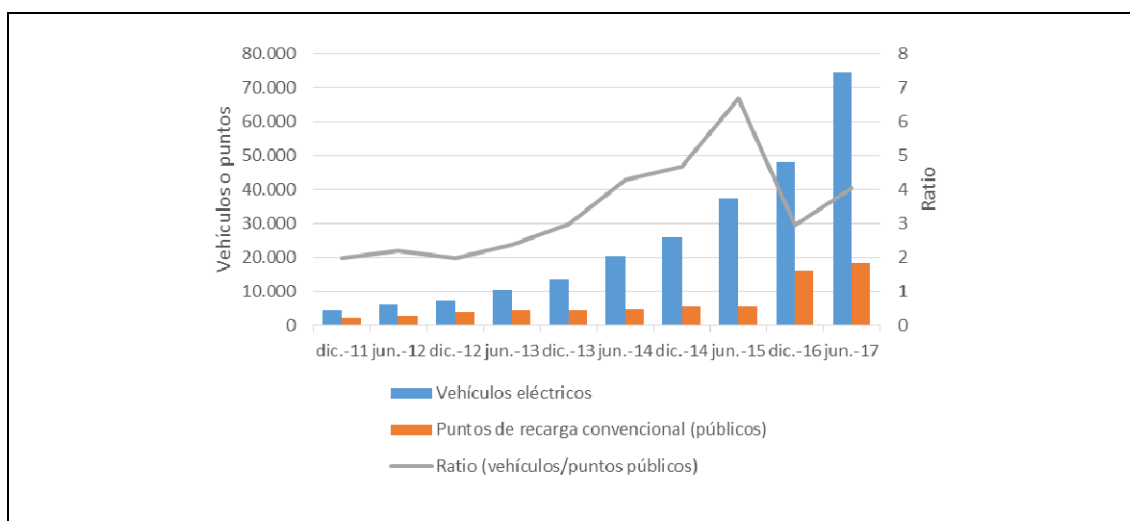
En el siguiente gráfico pueden compararse los valores y las posiciones para facilitar un examen más visual. La observación de las diferencias entre países puede dar lugar a una teoría del umbral; es decir, la aplicación de incentivos no tiene un efecto papable hasta traspasado un cierto punto o nivel, a partir del cual las ventas sí experimentan una notable reacción. No existe, sin embargo, un umbral general, ya que este depende de la situación específica en cada país. Este sería el caso de Noruega, Holanda y Suecia, mientras que Francia, Alemania y España se encontrarían por debajo de sus respectivos umbrales.

GRÁFICO 56. Estimación gráfica del efecto de los incentivos directos en 2016

Fuente: elaboración propia a partir de (EAF0, 2017), (Tietge et al., 2016), (AIE, 2017), (AIE, 2016) y (Statista, 2017d).

La relación entre cuota de ventas de VE y puntos de recarga revela que los principales países en cuota de ventas no presentan una alta presencia de infraestructuras públicas de recarga respecto a matriculaciones.

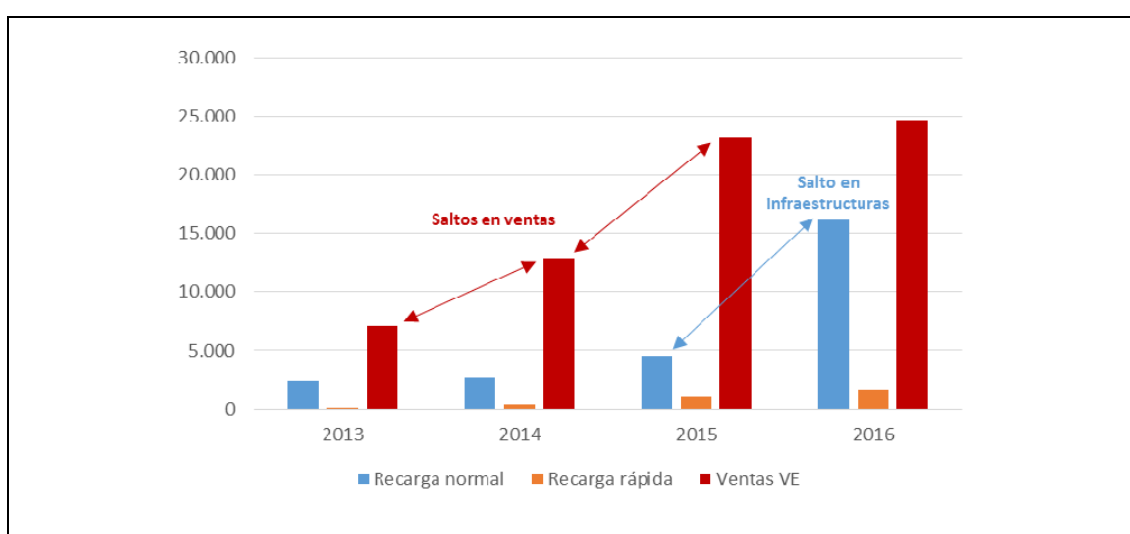
Esto coincide con el análisis de la Plataforma Alemana para la Movilidad Eléctrica (NPE), en relación con la recarga convencional, según la cual un crecimiento lento del número de puntos de recarga no implica de facto un crecimiento lento del número de VE (ver siguiente gráfico). Esto es debido a que la mayoría de los usuarios pueden preferir la carga del vehículo durante las horas de trabajo o de sueño, mientras la distancia recorrida en el día no supere la de la autonomía del vehículo.

GRÁFICO 57. Evolución del número de vehículos eléctricos y de puntos de recarga públicos en Alemania

Fuente: elaboración propia a partir de (NPE, 2015), (EAF0, 2017) y (AIE, 2017).

En cualquier caso, los datos de NPE alemana muestran esta situación hasta mediados de 2015, donde se alcanza un ratio de casi siete VE por punto de recarga normal público. Su ampliación hasta mediados de 2017 en base a EAFO y la AIE supone una caída a ratios de 3 o 4 VE por punto de recarga. Esto es debido a un gran salto en puntos de recarga normal que tiene lugar en Alemania a lo largo de 2016, pasando de aproximadamente 5.000 a 16.000 (EAFO, 2017). Sin embargo, en ventas de VE el salto tiene lugar dos años antes del salto en puntos de recarga: de 2013 a 2014 se pasa de 7.000 unidades vendidas a 13.000, y en 2015 se alcanzan las 23.000. Esto indica que a la instalación de infraestructura le puede preceder la venta de unidades y no siempre ha de ser al revés (ver gráfico siguiente).

GRÁFICO 58. Puntos de inflexión en vehículos eléctricos vendidos y puntos de recarga públicos en Alemania



Fuente: elaboración propia a partir de (EAFO, 2017).

De lo anterior se deduce que el incentivo a la compra basado en la reducción del coste de adquisición tiene una influencia más clara sobre la penetración de vehículos eléctricos, mientras que el número de estaciones públicas de recarga no parece tener un efecto tan significativo.

Comparación de ratios

Generalmente se suele evaluar el éxito de la penetración del vehículo eléctrico por los indicadores hasta ahora mencionados. Sin embargo, las diferencias entre uno y otro país antes vistas demuestran que no existen casos homogéneos y que el desarrollo de los mercados está condicionado por diferentes circunstancias, no siempre evidentes. Por tanto, cabe examinar, y tratar de evaluar, cómo varía el mercado de vehículos eléctricos en estos países según distintos parámetros, ya sean económicos, sociales, medioambientales o técnicos, de manera que se trate de identificar si existen algunas relaciones aunque sean aparentes⁴⁴.

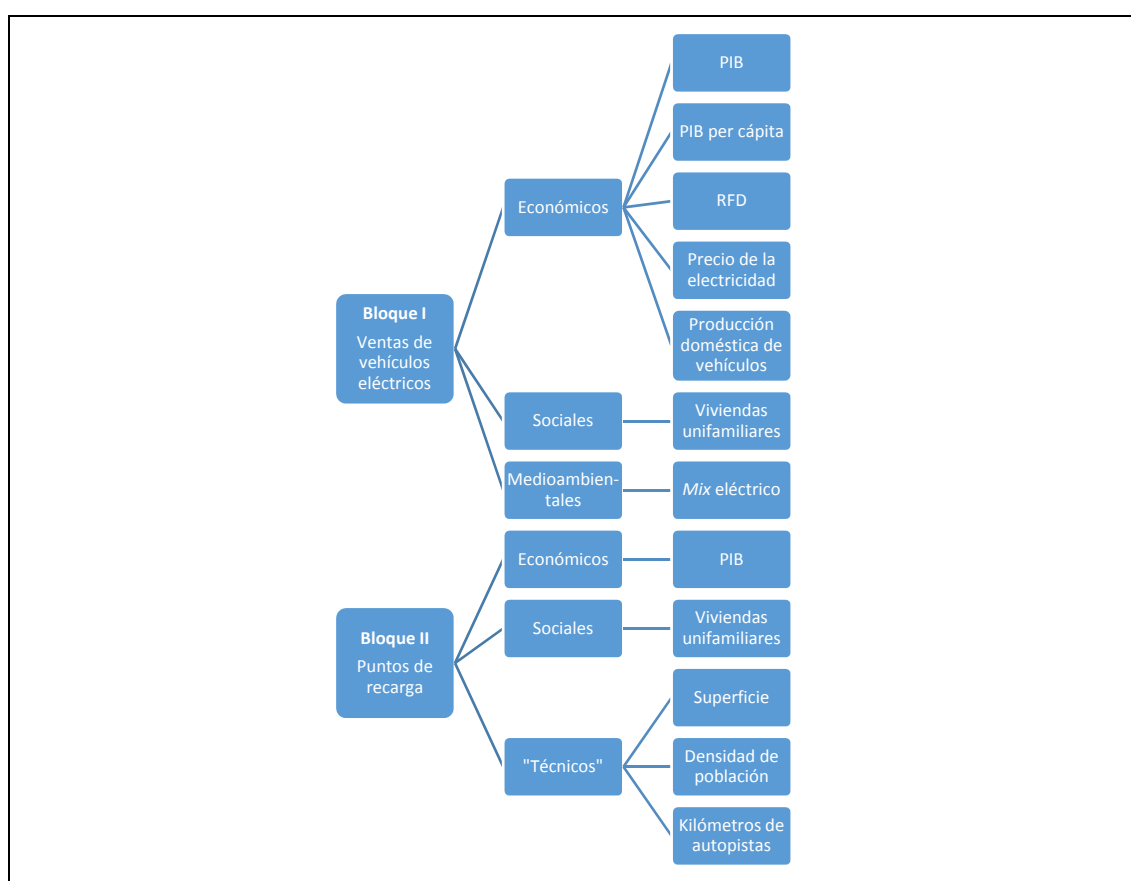
⁴⁴ En primer lugar se tratará de comparar las ventas en valores brutos, es decir, en unidades y sin porcentajes sobre las ventas totales, ya que en el caso de los puntos de recarga también se establecen

La representación de ratios no tiene por objeto buscar relaciones de causalidad o econométricas, sino más bien poner de relieve y reflejar la existencia de relaciones aparentes que permitan inferir las medidas potenciales con mayor peso en la evolución del mercado.

En cualquier caso este subapartado tiene un carácter fundamentalmente orientativo o ilustrativo, pero en ningún caso concluyente. Esto es debido a que el mercado está en realidad en sus inicios, en una situación de crecimiento y no está maduro en ninguno de los países. Una vez las ventas se desarrollen y funcionen según las distintas fuerzas del mercado, la disponibilidad de datos será mayor y se podrán hallar lógicas más fiables.

En la figura que sigue se resumen los ratios estadísticos que se han evaluado.

FIGURA 22. Esquema de ratios evaluados



Nota: PIB es “producto interior bruto” y RFD es “renta familiar disponible”.

Fuente: elaboración propia.

También se es consciente de que el tamaño de las “muestras” no permite realizar un ejercicio con las mínimas garantías de inferencia estadística. Además hay que considerar que los datos se refieren a dos años cercanos en el tiempo, pero esto no

los valores en unidades. Sin embargo, como el éxito en la penetración de la movilidad eléctrica se expresa mejor en porcentaje de ventas de VE sobre las totales, se hará una comprobación de si al pasar de comparar unidades a comparar porcentajes supone un cambio de tendencia.

tiene necesariamente ventajas para el análisis cuantitativo, y finalmente las peculiaridades de algunos países (por ejemplo, Noruega y Holanda) son notables, por lo que estos podrían considerarse casi atípicos.

Debido a esto, a continuación se presentan aquellos ratios que tras su evaluación se ha considerado que presentan una relación aparente entre los datos comparados. Estos son los que comparan, por un lado, las ventas de vehículos eléctricos, y por otro lado, la renta familiar disponible, la diferencia en precios entre electricidad y gasolina, y la población en viviendas unifamiliares. Además, en cuanto a carácter técnico, se indican los relativos a la superficie y a la densidad de población para las infraestructuras de recarga. También se contempla un ratio respecto al *mix* eléctrico, aunque como se verá, no existe una relación clara con la penetración de vehículos eléctricos.

El resto de ratios, al presentar relaciones entre datos menos aparentes, se han considerado como adicionales y por tanto se pueden encontrar en el anexo 4.

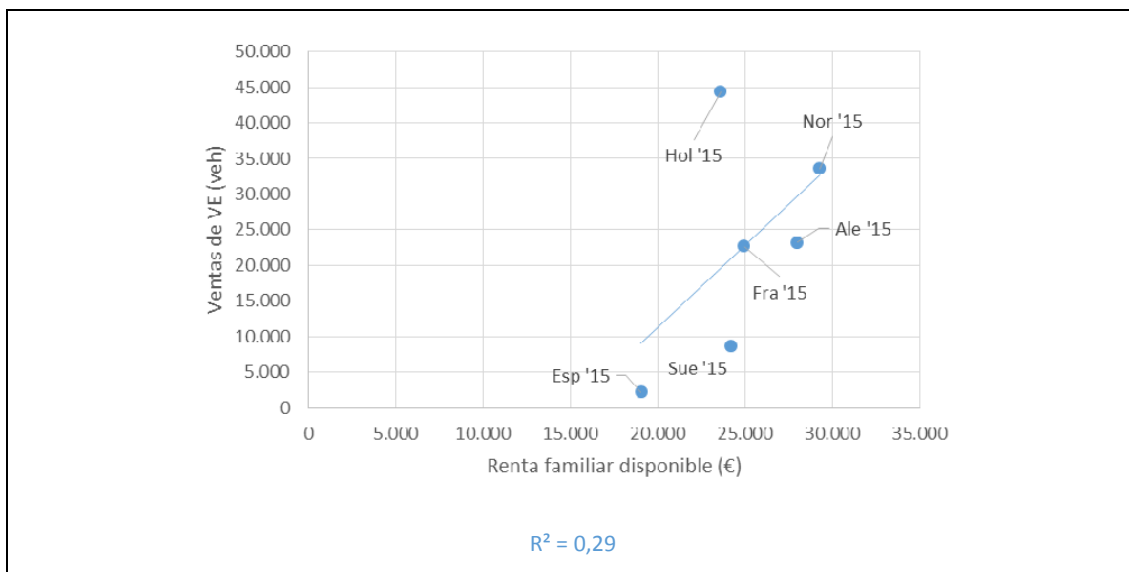
Bloque I. Ratios económicos

Las ventas de VE pueden estar, con carácter general, condicionadas por la capacidad económica de la población, debido a los precios de los vehículos eléctricos en comparación con los convencionales.

De esta manera puede tener interés comparar la renta familiar disponible (RFD) con las ventas de vehículos. Su aplicación sirve para evaluar cuántos vehículos eléctricos se venden según la capacidad de adquisición de las familias, entendiéndose que a mayor renta disponible mayor potencial de penetración de vehículos debería haber (datos disponibles solo para 2015).

Se observa una tendencia creciente, de manera que parece cumplirse que a mayor renta disponible, mayores ventas de vehículos eléctricos. Tendencia que, de aplicarse la cuota de ventas en lugar de las ventas brutas, se mantiene también ascendente.

GRÁFICO 59. Comparación de las ventas de vehículos eléctricos (unidades) con la renta familiar disponible en 2015

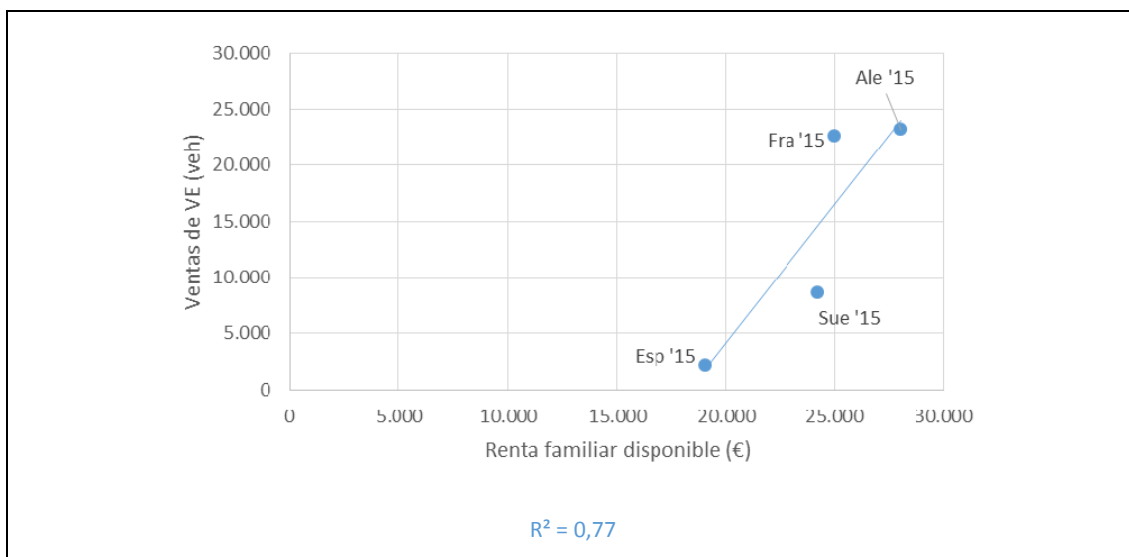


Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017).

Al comienzo de la sección se mencionaba que algunos países presentan tales peculiaridades que se pueden considerar casos atípicos. Este es el caso de Noruega y Holanda, cuyas cuotas de ventas y las diferencias ya vistas en políticas de incentivos, los hacen muy diferentes al resto.

Debido a esto, se puede tratar de evaluar el mismo ratio excluyendo estos dos países, de manera que se pueda evitar la distorsión que estos suponen. En el siguiente gráfico se comparan de nuevo las ventas de vehículo eléctricos sin Noruega y Holanda, observándose de nuevo dicha tendencia creciente, pero con un R^2 más elevado.

GRÁFICO 60. Comparación de las ventas de vehículos eléctricos (unidades) con la renta familiar disponible en 2015 (excluyendo Noruega y Holanda)

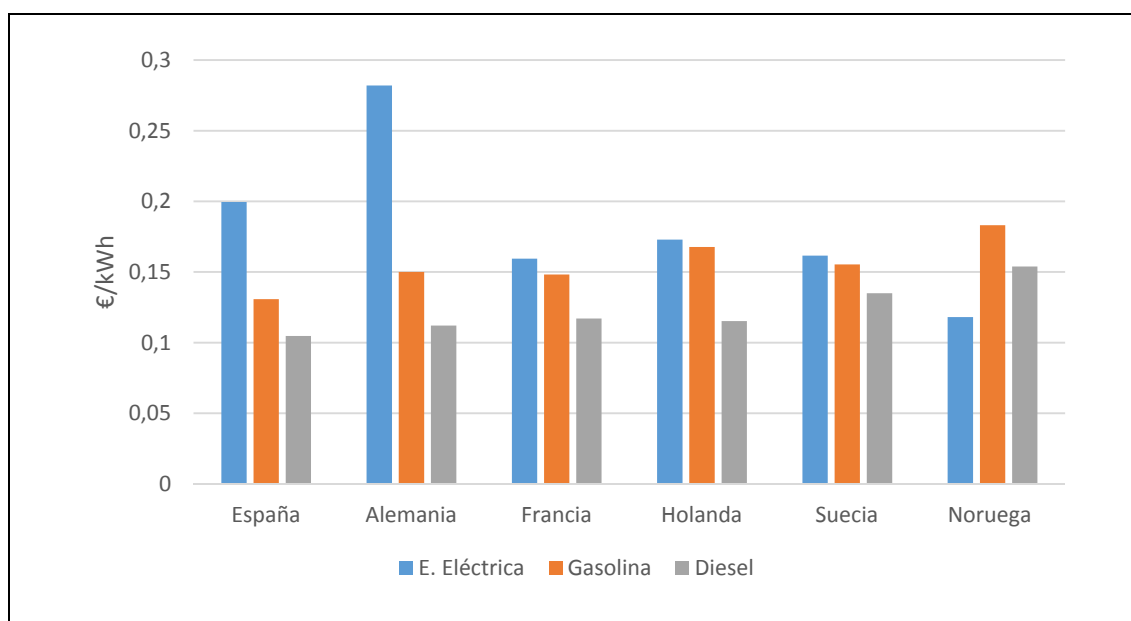


Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017).

Un factor con peso relevante en la adquisición de vehículos eléctricos es el precio de la energía eléctrica⁴⁵. Tanto en España como en Alemania el precio de la energía eléctrica, es claramente superior al de la gasolina y el diesel (ver gráfico siguiente), a diferencia de Francia, Holanda, Suecia y especialmente Noruega, los países con mayor porcentaje de penetración de vehículos eléctricos en número de vehículos matriculados. Tanto en España como en Alemania el coste de utilización para el usuario del vehículo eléctrico resulta próximo en España y superior en Alemania al del vehículo de combustible convencional, mientras que su coste de adquisición, a pesar del incentivo, sigue siendo superior.

En el gráfico que sigue, para una comparación homogénea de precios se han utilizado fuentes comunes a todos los países. Sin embargo, en Álvarez y Menéndez (2017) se aplican en el caso de España precios de la electricidad obtenidos de fuentes nacionales, que pueden ser menores debido al sistema de tarifas variables; en concreto para España y los consumidores domésticos con discriminación horaria en periodo nocturno (tarifas valle y supervalle). Para asegurar dicha comparación homogénea, aquí se aplica el precio medio de la electricidad para España y el resto de países para consumidores domésticos con consumo inferior a 15.000 kWh/año.

GRÁFICO 61. Precios de la electricidad para usuarios domésticos y de la gasolina y el diésel (impuestos incluidos) en los países analizados



Nota : Precios de la electricidad, para consumidores domésticos con consumos <15000 kWh/año, y combustibles en el primer trimestre de 2017.

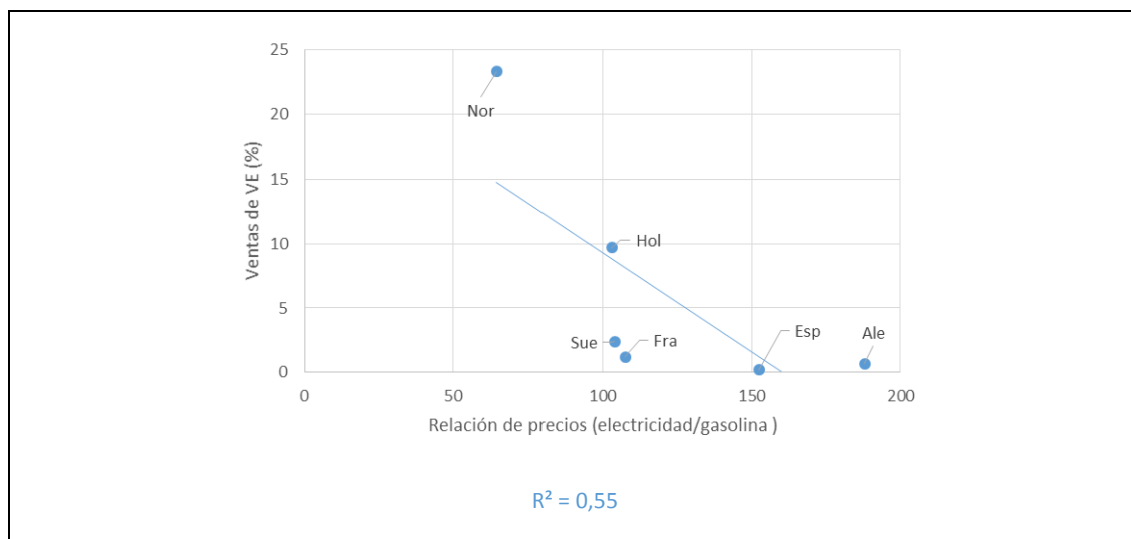
Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017) y (UE oil market report, 2017).

La diferencia entre el coste final al usuario entre la energía eléctrica y los combustibles convencionales parece influir en la ventaja en coste del vehículo

⁴⁵ En realidad el parámetro económico teóricamente más relevante será el coste total de utilización para el propietario (TCO por sus siglas en inglés). Al respecto véase *Energías alternativas para el transporte de pasajeros* (Álvarez y Menéndez, 2017).

eléctrico y parece que tiene un papel significativo ($R^2 = 0,55$) en la adquisición de vehículos, tal como se ve en el gráfico siguiente, en el que se muestra la relación precio electricidad/gasolina (el combustible de mayor coste económico en estos países) y las ventas de vehículos eléctricos sobre el total de vehículos.

GRÁFICO 62. Comparación de las ventas de vehículos eléctricos (%) con la relación de precios entre electricidad y gasolina en 2015

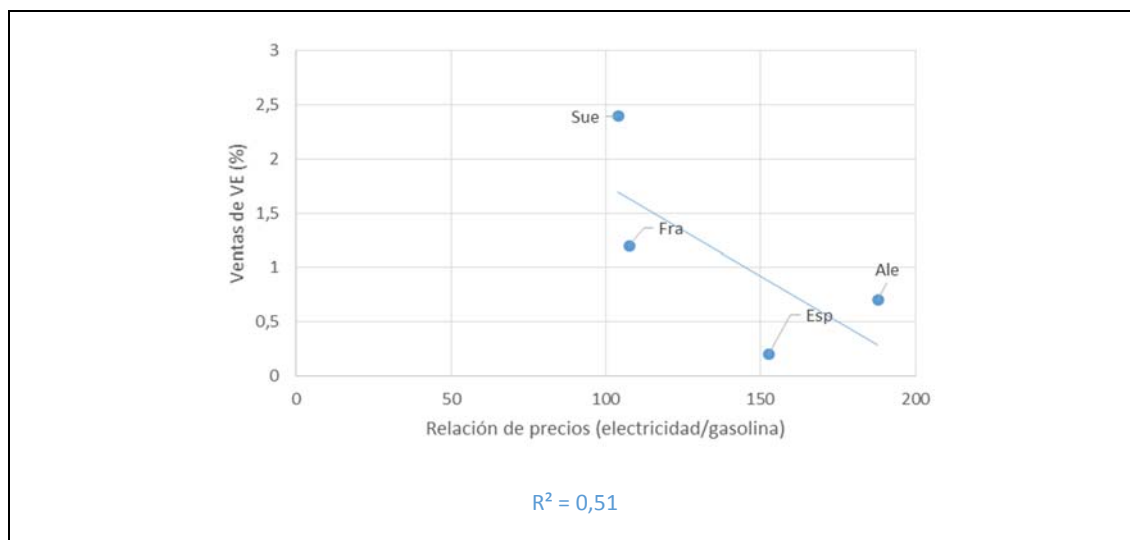


Nota: para una comparación homogénea de precios se han utilizado fuentes comunes a todos los países. En Álvarez y Menéndez (2017) se aplican en el caso de España precios de la electricidad obtenidos de fuentes nacionales, que pueden ser menores debido al sistema de tarifas variables.

Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017) y (UE oil market report, 2017).

Al igual que antes, se puede evaluar el mismo ratio excluyendo los casos atípicos que representan Noruega y Holanda. En el siguiente gráfico se representa este “caso”, apreciándose de nuevo una tendencia decreciente, aunque en esta ocasión el valor R^2 es ligeramente inferior.

GRÁFICO 63. Comparación de las ventas de vehículos eléctricos (%) con la relación de precios entre electricidad y gasolina en 2015 (excluyendo Noruega y Holanda)



Nota: para una comparación homogénea de precios se han utilizado fuentes comunes a todos los países. En Álvarez y Menéndez (2017) se aplican en el caso de España precios de la electricidad obtenidos de fuentes nacionales, que pueden ser menores debido al sistema de tarifas variables.

Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017) y (UE oil market report, 2017).

En cualquier caso, ha de volver a mencionarse, como ya se hizo al comienzo de este apartado, que el escaso desarrollo del mercado y la dispersión de datos arrojan relaciones sólo aparentes, pues además se trata de situaciones “dinámicas” que verían sustancialmente con los años. Las conclusiones que se pueden obtener son, por tanto, de carácter orientativo.

Bloque I. Ratio social

El criterio de la carga vinculada y su relación con las ventas de VE es interesante, ya que puede llevar al siguiente razonamiento. Si a cada vehículo eléctrico le corresponde un punto de recarga vinculado, lo lógico es que los ciudadanos con mayor facilidad de instalación de esta infraestructura sean los más predispuestos a la adquisición de un vehículo eléctrico.

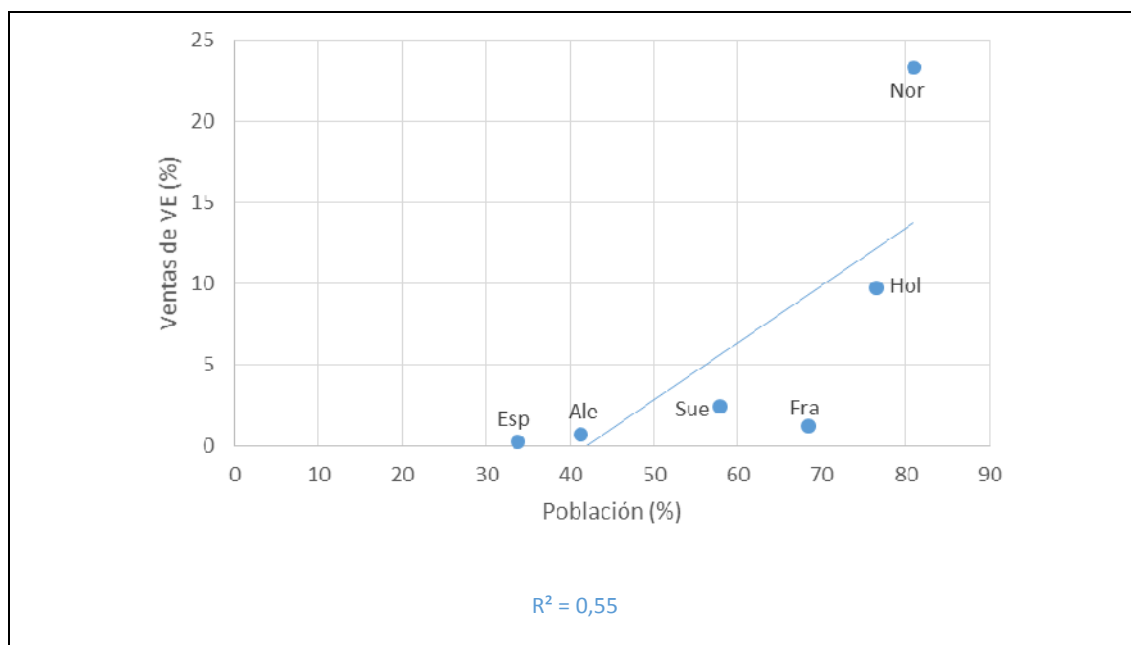
Esta mayor facilidad puede pensarse que tiene lugar en viviendas unifamiliares (no así en bloques de edificios)⁴⁶, y por tanto serán los habitantes de estas los que mayor probabilidad tengan de adquirir un vehículo eléctrico.

El indicador de referencia puede ser el ratio cuota de vehículos vendidos por el porcentaje de población en vivienda unifamiliar (tanto en casas individuales como adosadas), sobre la base de facilidad de recarga del vehículo.

⁴⁶ La instalación de infraestructura es menos compleja en viviendas unifamiliares que en edificios de ciudad con varias viviendas, si bien la normativa empieza a facilitar también este tipo de instalaciones en varios países.

Parece apreciarse una tendencia creciente, de manera que a mayor población en viviendas unifamiliares, mayor es la penetración de la movilidad eléctrica en el mercado de vehículos. En esto Noruega destaca muy por encima, dada la alta proporción de población con este tipo de vivienda.

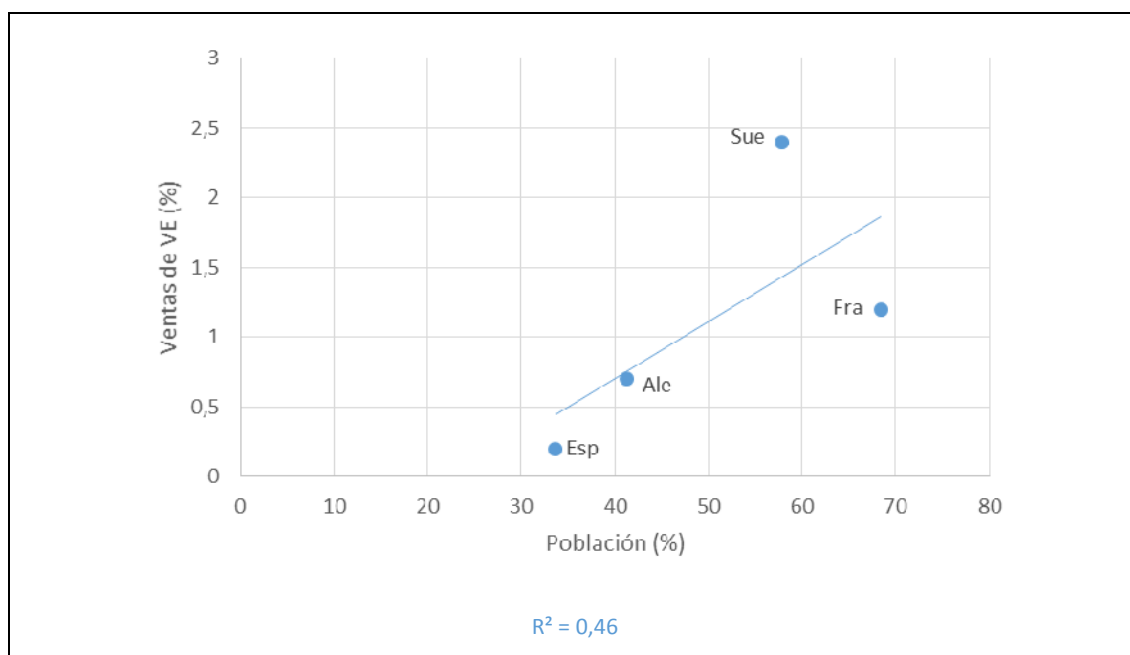
GRÁFICO 64. Comparación de las ventas de vehículos eléctricos (%) con la población en viviendas unifamiliares (%) en 2015



Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017) y (AIE, 2016).

De nuevo, es interesante evaluar el ratio excluyendo Noruega y Holanda por ser casos atípicos, lo que en el siguiente gráfico da lugar también a una tendencia creciente, aunque con descenso del valor R^2 .

GRÁFICO 65. Comparación de las ventas de vehículos eléctricos (%) con la población en viviendas unifamiliares (%) en 2015 (excluyendo Noruega y Holanda)

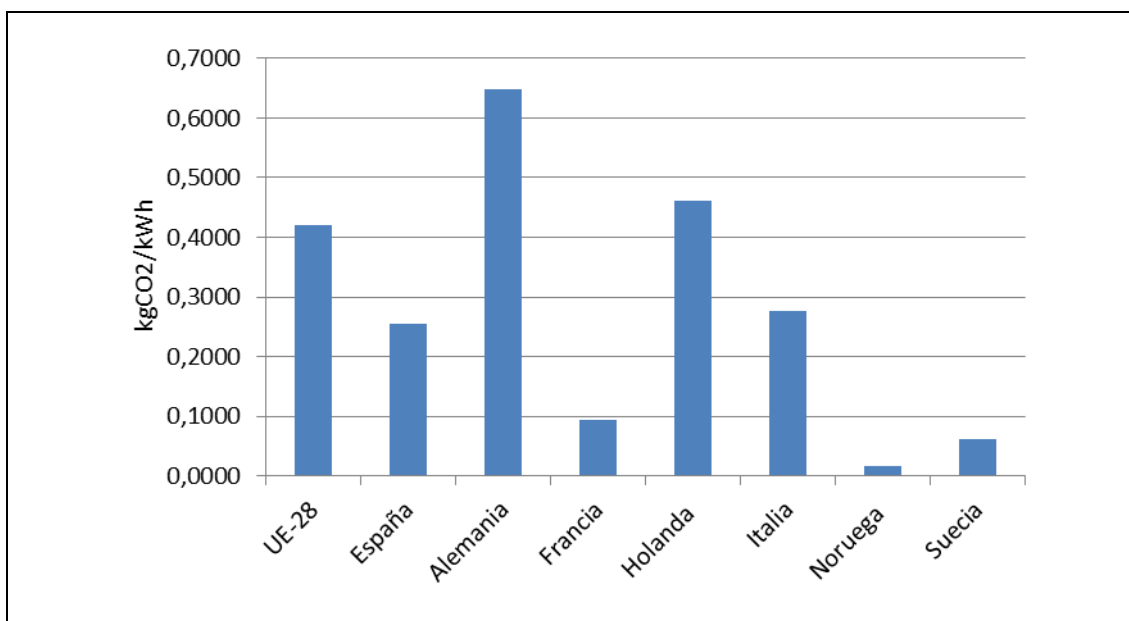


Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017) y (AIE, 2016).

Bloque I. Ratio medioambiental

Es interesante señalar la relevancia que el *mix* de generación eléctrica, y por tanto las emisiones específicas de cada sistema de generación nacional, tiene en la reducción del impacto sobre el cambio climático que aporta el vehículo eléctrico, ya que esto supone un factor de peso a la hora de evaluar la adecuación de la asignación de medidas económicas para impulsar los vehículos eléctricos⁴⁷. Como se ve en el siguiente gráfico, el impacto en la reducción de emisiones de CO₂ de los vehículos eléctricos varía, siendo Noruega el país que más se beneficiaría con la implementación, y Alemania el que menos por tener emisiones específicas elevadas. Francia es, tras los países nórdicos, el país mejor posicionado de los seleccionados. Asimismo se ha de señalar que en este aspecto España se encuentra relativamente bien posicionada (ver gráfico siguiente).

⁴⁷ Para un análisis detallado de las emisiones tanto de GEI como de NO_x y partículas, véase *Energías alternativas para el transporte de pasajeros* (Álvarez y Menéndez, 2017), donde se analizan esas emisiones del tanque a la rueda (TTW), del sistema energético a la rueda (STW) y del pozo a la rueda (WTW).

GRÁFICO 66. Comparación de las emisiones específicas de CO₂ (kgCO₂/kWh)

Nota: las emisiones específicas están calculadas para 2013 para disponer de los datos de todos los países; en Álvarez y Menéndez (2017) se indican emisiones para el caso español más recientes y con previsión a futuro.

Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017).

En este sentido, puede entenderse que aquellos países con unas bajas emisiones específicas pueden ser los más interesados⁴⁸ en la promoción y el desarrollo del vehículo eléctrico por su mayor impacto en la reducción indirecta de emisiones de CO₂ en el transporte considerando las emisiones del sistema eléctrico a la rueda del vehículo.

Así, en este trabajo se ha tratado de comparar las ventas de vehículos eléctricos con las emisiones específicas por kWh en cada país, como “proxy” de la reducción de emisiones por km (considerando estas del sistema eléctrico a la rueda).

A pesar de que de realizarse este ejercicio, se debería observar una relación inversa de las ventas con las emisiones de CO₂ del *mix* de generación eléctrica, el grado de relación es tan bajo que no se puede concluir que exista una relación aparente entre ventas de vehículo eléctrico y *mix* de generación. Así, se ha optado por no dicha comparación en este subapartado. No obstante, se representa en el anexo 4.

En cualquier caso, cabe extraer la siguiente conclusión en relación a las ventas y el aspecto medioambiental. Desde el punto de vista del comprador, aunque la idea de que un vehículo eléctrico suponga menos emisiones de CO₂ pueda ser un elemento de ánimo a la adquisición, lo cierto es que esta concepción está asociada a las emisiones del tanque a la rueda (que en el caso de los BEV son cero) y no a la

⁴⁸ Asimismo, cabe mencionar que otro factor de impulso a una transformación del parque móvil es el del coste económico por la exposición de la población a los contaminantes, entre los que más importan son el NO_x y las partículas (Álvarez y Menéndez, 2017).

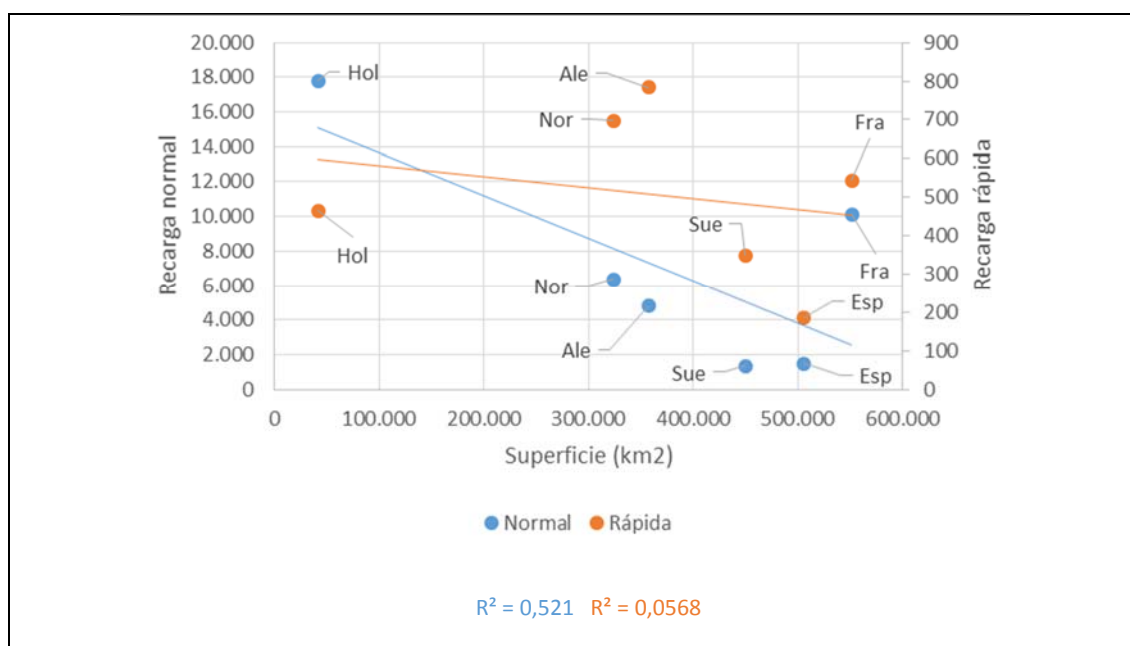
consideración de las emisiones del *mix* eléctrico (del sistema a la rueda) o las globales (del pozo a la rueda), que no son cero.

Por tanto, si se tiene en cuenta que el concepto del *mix* eléctrico se corresponde más con el punto de vista de la administración, y que del tanque a la rueda se corresponde con la visión del consumidor, lo cierto es que la reducción de las emisiones del *mix* eléctrico no parece suponer un elemento de decisión para el consumidor.

Bloque II. Ratios técnicos

Continuando con la infraestructura, otra lógica a considerar es que a mayor superficie de un país, mayor número de puntos de recarga debería desarrollar este. Sin embargo, al comparar los puntos de recarga instalados con la superficie de cada país, no parece darse una relación. Esto significa que los países más grandes, a pesar de necesitar cubrir mayores áreas que los pequeños, no desarrollan proporcionalmente la infraestructura de recarga. Este aspecto tendrá mucho que ver con el hecho de que el desarrollo de puntos de recarga, como se ha visto en los países estudiados, despliega las infraestructuras por zonas o regiones consideradas como “objetivos” para la implantación de las mismas.

GRÁFICO 67. Comparativa del ratio puntos de recarga públicos por superficie en 2015 en 2015



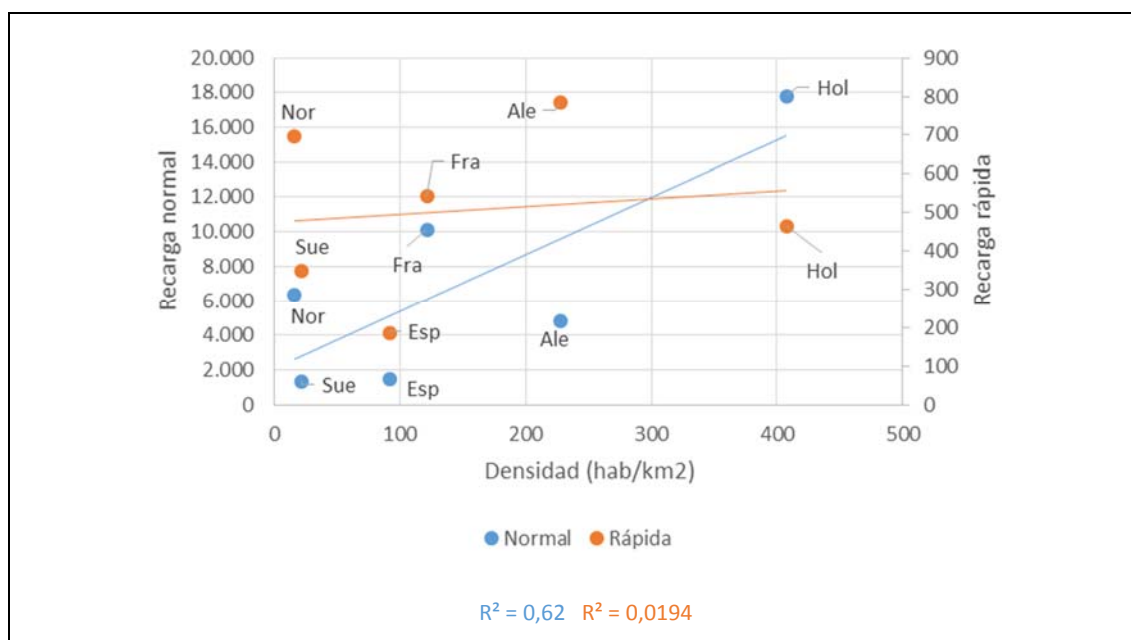
Fuente: elaboración propia a partir de (AIE, 2016) y (EAF0, 2017).

Por ello, la superficie es un dato importante por su carácter orientativo, pero no es determinante ya que además la población puede estar distribuida muy asimétricamente (caso de Noruega y Suecia, cuyas regiones al norte tienen menor población, o España, que concentra población en las regiones periféricas).

En este sentido puede resultar más útil realizar la comparación de los puntos de recarga públicos con la densidad de población (hab/km²), entendiéndose que los

países con poblaciones más concentradas sí pueden presentar mayor infraestructura pública de recarga. Si se hace esta comparación, se aprecia una tendencia positiva para la recarga normal.

GRÁFICO 68. Comparativa del ratio puntos de recarga públicos por densidad de población en 2015



Fuente: elaboración propia a partir de (AIE, 2016) y (EAFO, 2017).

6. BIBLIOGRAFÍA

- ACEA (2015). Tax guide 2015. Retrieved from: <http://www.acea.be/news/article/tax-guide-2015-released>
- ACEA (2016). Tax guide 2016. Retrieved from: <http://www.acea.be/news/article/acea-tax-guide-2016-released>
- ACEA (2017). Tax guide 2017. Retrieved from: <http://www.acea.be/publications/article/acea-tax-guide>
- ADEME (2017). About Ademe. Retrieved from: <http://www.ademe.fr/en/about-ademe>
- AIE (2013). Global EV Outlook 2013. Retrieved from: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook_2013.pdf
- AIE (2016). *Global EV Outlook 2016. Beyond one million electric cars*. Agencia Internacional de la Energía. Retrieved from: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf
- AIE (2017). *Global EV Outlook 2017. Two million and counting*. Agencia Internacional de la Energía. Retrieved from: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook_2017.pdf
- Allego (2017). Allego and Fortum Charge & Drive to synchronise charging services. 25 de septiembre de 2017. Retrieved from: <https://www.allego.eu/allego-and-fortum-charge-drive-to-synchronise-charging-services/>
- Álvarez, E. (2015). *El precio del petróleo: relación con otros mercados e implicaciones para la competitividad industria*. Información Comercial Española (ICE), Septiembre-Octubre 2015, Nº 886.
- Álvarez, E., Ortiz, I. y Menéndez, J. (2016). *The German energy transition ("Energiewende"). Policy, Energy Transformation and Industrial Development*. Retrieved from: <http://www.orquestra.deusto.es/es/investigacion/publicaciones/cuadernos-orkestra/1156-german-energy-transition-energiewende>
- Álvarez, E. y Menéndez, J. (2017). *Energías alternativas para el transporte de pasajeros. El caso de la CAPV: análisis y recomendaciones*. Cátedra de Energía de Orkestra – Instituto Vasco de Competitividad. Retrieved from: <http://www.orquestra.deusto.es/es/investigacion/publicaciones/cuadernos-orkestra/1150-energias-alternativas-transporte-pasajeros>

AVEM (2017). Les voitures électriques disponibles proposées par nos adhérents. Retrieved from: <http://www.avem.fr/voiture-electrique.html>

AVERE (2016). Plus de 22 000 véhicules électriques immatriculés en France en 2015. Retrieved from: http://www.aver-france.org/Site/Article/?article_id=6424&from_espace_adherent=0

AVERE (2017a). Plus de 27 000 véhicules électriques immatriculés en 2016, après un mois de décembre record. Retrieved from: http://www.aver-france.org/Site/Article/?article_id=6826&from_espace_adherent=0

AVERE (2017b). La France célèbre son 100000ème véhicule 100% électrique, une première en Europe. Retrieved from: http://www.aver-france.org/Site/Article/?article_id=6904

Bellona Europa (2017). *Norway's Transport Plan 2018 – 2029: Ambitious targets, lack of concrete measures*. BELLONA, 13 de abril de 2017. Retrieved from: <http://bellona.org/news/arctic/arctic-transport-and-shipping/2017-04-norways-transport-plan-2018-2029-ambitious-targets-lack-of-concrete-measures>

Blenkinsop, P. (2017). EU clears German plan for electric vehicle charging network. Reuters, 13 de febrero de 2017. Retrieved from: <http://uk.reuters.com/article/uk-germany-autos-environment-eu/eu-clears-german-plan-for-electric-vehicle-charging-network-idUKKBN15S1E6?il=0>

BMVBS (2011). *Elektromobilität – Deutschland als Leitmarkt und Leitanbieter*. Retrieved from:

http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/elektromobilitaet-deutschland-als-leitmarkt-und-leitanbieter.pdf?__blob=publicationFile

BMVI (2016). Nationaler Strategierahmen über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe - als Teil der Umsetzung der Richtlinie 2014/94/EU. Retrieved from: <http://www.bmvi.de/DE/Themen/Mobilitaet/Mobilitaets-Kraftstoffstrategie/Nationaler-Strategierahmen-AFID/nationaler-strategierahmen-afid.html>

BMWi (2016). Fifth “Energy Transition” Monitoring Report. The Energy of the Future. 2015 Reporting Year. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. Retrieved from: <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/monitoring-report-2016.html>

BOE (2007). Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de septiembre de 2007 por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos. Retrieved from: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2007-81851>

BP (2016). Statistical Review of World Energy 2016. Retrieved from: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

Car2Car (2015). CAR 2 CAR Communication Consortium: European vehicle manufacturers work towards bringing Vehicle-to-X Communication onto European roads. Retrieved from: https://www.car-2-car.org/index.php?id=119&tx_ttnews%5Btt_news%5D=168&cHash=e69c8839537b7920a1d60037ef5c12da

CCFA (2017). Comité des Constructeurs Français d'Automobiles. Retrieved from: <http://www.ccfa.fr/>

CEM-EVI (2016). Government Fleet Declaration. Retrieved from: http://www.iea.org/media/topics/transport/EVI_Government_Fleet_Declaration.pdf

CEM-EVI (2017). Electric Vehicles Initiative (EVI). Retrieved from: <http://www.cleanenergyministerial.org/Our-Work/Initiatives/Electric-Vehicles>

CHAdEMO (2012). Mission statement. Retrieved from: <http://www.chademo.com/wp/pdf/3-1-Mission%20statement-long.pdf>

CHAdEMO (2017). History & Timeline. Retrieved from: <https://www.chademo.com/about-us/history-and-timeline/>

CharIn (2017a). Mission & Purpose. Retrieved from: <http://www.charinev.org/about-us/mission/>

CharIn (2017b). The path to a global charging standard. Retrieved from: http://www.charinev.org/fileadmin/Downloads/Presentations/2017_CharIN_Charge_Days_Bracklo.pdf

CITEPA. Inventaire national d'émissions de gaz à effet de serre (format CCNUCC). 2013

CNMC (2016). Comparador de ofertas de energía. Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. Retrieved from: comparadorofertasenergia.cnmc.es/comparador/comp3.cfm

CNPA (2017). Conseil National des Professions de l'Automobile. Retrieved from: <http://www.cnpa.fr/missions/>

COM (2014). Marco Estratégico en materia de Clima y Energía 2020-2030.

COM (2016a). Clean Energy for all Europeans.

COM (2016b). A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility.

Comisión Europea (2013). Attitudes of Europeans towards urban mobility. Report. Retrieved from: http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_406_en.pdf

Comisión Europea (2014). COM(2014) 15 final. Un marco estratégico en materia de clima y energía para el periodo 2020-2030. Retrieved from : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0015&from=ES>

Comisión Europea (2015). EU Transport in Figures. Statistical Pocketbook in Figures, .Retrieved from: https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/statistical-pocketbook-2015_en

Comisión Europea (2016a). EU Transport in Figures.

Comisión Europea (2016b). *Implementing the Paris Agreement. Progress of the EU towards the at least -40% target.* Retrieved from: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/eu_progress_report_2016_en.pdf

Davis, S., Diegel, S. y Boundy, R. (2015). *Transportation energy data book: Edition 34.* Retrieved from:

http://cta.ornl.gov/data/tedb34/Edition34_Full_Doc.pdf

Declaration of Amsterdam (2016). Cooperation in the field of connected and automated driving. Retrieved from: <https://www.regjeringen.no/contentassets/ba7ab6e2a0e14e39baa77f5b76f59d14/2016-04-08-declaration-of-amsterdam---final1400661.pdf>

DENA (2015). Nachhaltige Mobilität mit Erdgas und Biomethan: Marktentwicklung 2014/2015. Die Fortschritte im dritten Jahr nach der Unterzeichnung der Absichtserklärung. Deutsche Energie Agentur. Retrieved from: https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/verkehr/9132_3_Zwischenbericht_der_Initiative_Erdgasmobilitaet.pdf

Deng, D. (2015). *Li-ion batteries, basics, progress and challenges.* Energy Science Engineering.

Deutsche Bank Markets Research (2017). *Spain: nuclear life extensions and regulatory return cuts.* Industry DB Plugged In, 20 de septiembre de 2017.

DOUE (2014). Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de octubre de 2014 relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos. Diario Oficial de la Unión Europea. Retrieved from: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0094>

EDF (2016). Electricity. Retrieved from: <http://residential.edf.com/energy-at-home/offers/electricity/tarif-bleu-56121.html>

EEA (2006). Urban sprawl in Europe - The ignored challenge. Retrieved from: http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_10

EEA (2015). Final energy consumption by sector and fuel. European Environmental Agency. Retrieved from: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/final-energy-consumption-by-sector-9/assessment>

EIA (2016). International Energy Outlook 2016. Energy Information Administration. Retrieved from <http://www.eia.gov/outlooks/ieo/>

Electromaps (2017). Retrieved from: <https://www.electromaps.com/>

ELMO (2012). Retrieved from: <http://elmo.ee/the-government-is-planning-to-prolong-the-project-of-electric-cars/>

ELMO (2014). Retrieved from: <http://elmo.ee/grant-for-purchase-of-electric-cars-proved-popular-admission-period-for-applications-ends-on-07-august/>

ELMO (2017). Retrieved from: <http://elmo.ee/elmo/>

EnergyMarketPrice (2017). France to end sales of fossil fuel cars by 2040. Retrieved from: <http://www.energymarketprice.com/energy-news/france-to-end-sales-of-fossil-fuel-cars-by-2040>

ENISA (2017). Terms of Reference for Cars and Roads Security Expert Group. Retrieved from: <https://www.enisa.europa.eu/>

ENOVA (2017). *Annual report 2016*. Retrieved from: <https://www.enova.no/about-enova>

Eurogas (2013). Statistical Report 2013. Retrieved from: http://www.eurogas.org/uploads/media/Eurogas_Statistical_Report_2013.pdf

Eurostat (2015). Retrieved from: <http://ec.europa.eu>

Eurostat (2016). Electricity price statistics. Retrieved from: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics

EVE (2015). CAPV Energía, Datos Energéticos 2014. Retrieved from: <http://www.eve.eus/CMSPages/GetFile.aspx?guid=fc0bc51c-1e62-46d2-bf52-4392299c2fdb>

FABRIC (2014). FeASiBility analysis and development of on-Road charging solutions for future electric vehiCles. Retrieved from: http://cordis.europa.eu/project/rcn/111539_en.html

Forest, T. M. (2016). Overview of recommended practice - SAE j3061. Cybersecurity guidebook for cyber-physical vehicle systems. SAE Vehicle Electrical Systems Security Committee (TEVEES18). Enero de 2016. Retrieved from: <http://www.sae.org/events/ces/2016/attend/program/presentations/forest.pdf>

Foucaud, I. (2016). Plus de 100.000 véhicules électriques circulent aujourd'hui en France. Retrieved from: <http://www.lefigaro.fr/societes/2016/10/01/20005-20161001ARTFIG00105-plus-de-100000-vehicules-electriques-circulent-aujourd-hui-en-france.php>

French-Property (2016). Electricity Supply Services in France. Retrieved from: <https://www.french-property.com/guides/france/utilities/electricity/tariff/>

FTA (2014). Report 0060, *Review and Evaluation of Wireles Power Transmission (WPT) for electric Transit Applications*. Federal Transit Administration. Retrieved from:

https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/FTA_Report_No._0060.pdf

Gobierno Estatal de Baviera (2016). *Bericht aus der Kabinettsitzung vom 21. Juni 2016*. Retrieved from: <http://www.bayern.de/bericht-aus-der-kabinettsitzung-vom-21-juni-2016>

Gobierno de España (2016). Marco de Acción Nacional de Energías Alternativas en el Transporte. Desarrollo del mercado e implantación de la infraestructura de suministro. En cumplimiento de la Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de octubre de 2014. Retrieved from: <http://www.minetad.gob.es/industria/es-ES/Servicios/Documents/Marco-Accion-Nacional-energias-alternativas-transporte.aspx.pdf>

Gobierno de Francia (2015). Air quality action plan. Retrieved from: <http://www.gouvernement.fr/en/air-quality-action-plan>

Gobierno de Francia (2016). Energy Transition For Green Growth Act. In action. Regions - Citizens – Business. Retrieved from: <http://www.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/Energy%20Transition%20for%20Green%20Growth%20Act%20in%20action%20-%20Regions%2C%20citizens%2C%20business%20%28%2032%20pages%20-%20juillet%202016%20-%20Versions%20anglaise%29.pdf>

Gobierno de Francia (2017a). Energy transition. Retrieved from: <http://www.gouvernement.fr/en/energy-transition>

Gobierno de Francia (2017b). Certificat sur la qualité de l'air. Retrieved from: <http://www.gouvernement.fr/partage/9164-certificat-sur-la-qualite-de-l-air>

Gobierno de Holanda (2017). Beleidskader infrastructuur voor alternatieve brandstoffen. Retrieved from:

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/02/23/beleidskader-infrastructuur-voor-alternatieve-brandstoffen>

Gobierno de Suecia (2009). Proposition 2008/09.162.

Gobierno de Suecia (2013). A vehicles fleet independent of fossil fuels SOU 2013, 84.

Gobierno de Suecia (2016). Sveriges handlingsprogram för infrastrukturen för alternative drivmedel i enlighet med direktiv 2014/94/EU. Retrieved from: <http://www.regeringen.se/informationsmaterial/2016/11/sveriges-handlingsprogram-for-infrastrukturen-for-alternativa-drivmedel-i-enlighet-med-direktiv-201494eu/>

Gobierno Vasco (2012). *Estudio de la Movilidad de la Comunidad Autónoma Vasca 2011*. Retrieved from:

http://www.CAPV.eus/contenidos/documentacion/em2011/es_def/adjuntos/Movilidad%20Encuesta%202011.pdf

Google Finance (2017). Retrieved from: <https://finance.google.com/finance/converter>

Highways England (2015). *Feasibility study: Powering electric vehicles on England's major roads*. Retrieved from: <http://assets.highways.gov.uk/specialist-information/knowledge-compendium/2014-2015/Feasibility+study+Powering+electric+vehicles+on+Englands+major+roads.pdf>

ICCT (2011). Global comparison of Light Duty Vehicle fuel economy/GHG emission standards. Update August 2011. International Council of Clean Transportation. Retrieved from: http://www.theicct.org/sites/default/files/ICCT_PVStd_Aug2011_web.pdf

ICCT (2014). Driving electrification. A global comparison of fiscal incentive policy for electric vehicles. International Council on Clean Transportation.

Ingeteam (2012). Ingeteam presenta una estación de recarga para reducir el tiempo de carga de vehículos eléctricos a 20 minutos. Retrieved from: <http://www.ingetteam.com/SaladePrensa/Noticias/tabid/226/articleType/ArticleView/articleId/258/Ingeteam-presenta-una-estacion-de-recarga-para-reducir-el-tiempo-de-carga-de-vehiculos-electricos-a-20-minutos.aspx>

IPSOS (2016). Le baromètre de la mobilité électrique / Vague 3. Retrieved from: http://www.avery-france.org/Site/Article/?article_id=6691

IRENA (2017). *Electric vehicles. Technology brief*. International Renewable Energy Agency. Retrieved from: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Electric_Vehicles_2017.pdf

Journée de la Mobilité Verte (2015). Table-Ronde 1: Intérêts et enjeux de la Mobilité Électrique. Rodez, 25 de junio de 2015. Retrieved from: <http://rodez.developpement-edf.com/fr/agence/actualites/toutes-les-actus/cp-jmv-25062015.php>

Lammert, M., Duran, A., Diez, J., Burton, K. y Nicholson, A. (2014). Effect of Platooning on Fuel Consumption of Class 8 Vehicles Over a Range of Speeds, Following Distances, and Mass. Retrieved from: <http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/62348.pdf>

Mariani, F. (2005). Italian NGV Scenario 2005, Metauto-ENI Gas & Power, septiembre de 2005.

Masson, L. J. (2010). *The Heuliez Mia electric car gets a brand new start*. Motor Nature. Retrieved from: <https://www.motornature.com/2010/07/the-heuliez-mia-electric-car-gets-a-brand-new-start/>

Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (2016). *Energy Transition for Green Growth Act in action - Regions, citizens, business* (Versions anglaise). Retrieved from:

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/Energy%20Transition%20for%20Green%20Growth%20Act%20in%20action%20-%20Regions%2C%20citizens%2C%20business%20%28%2032%20pages%20-%20juillet%202016%20-%20Versions%20anglaise%29.pdf>

Ministerio de Fomento (2015a). Transporte Urbano de viajeros.

Ministerio de Fomento (2015b). Demanda de transporte de viajeros por carretera.

NEGRE, L., 2011. Livre vert sur les infrastructures de recharge ouvertes au public pour les véhicules "décarbonés".

NGVA Europe (2016). Retrieved from: <https://www.ngva.eu/>

NTP (2012). NTP 2014-2023: English summary. Retrieved from: <http://www.ntp.dep.no/English>

NTP (2015). NTP 2018-2029: Freight Analysis. Retrieved from: <http://www.ntp.dep.no/English>

NTP (2016). NTP 2018-2029: English summary. Retrieved from: <http://www.ntp.dep.no/English>

PFA (2017). Filière Automobile & Mobilités. Retrieved from : <http://www.pfa-auto.fr/>

República Francesa (2016). *Cadre d'action national pour le développement des carburants alternatifs dans le secteur des transports et le déploiement des infrastructures correspondantes*. Consultations Publiques. Retrieved from: <http://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/cadre-d-action-national-pour-le-developpement-des-a1592.html>

República Francesa (2017). *Cadre d'action national pour le développement des carburants alternatifs dans le secteur des transports et le déploiement des infrastructures correspondantes*. Adopté en application de la directive 2014/94/UE du 22 octobre 2014 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs. Retrieved from:

<http://www.red-on-line.fr/hse/blog/2017/02/20/carburants-alternatifs-infrastructures-gouvernement-005505>

NHTSA (2016). *Cybersecurity Best Practices for Modern Vehicles*. US Dept. of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration. Retrieved from:

file:///C:/Users/mikelvega/Downloads/812333_CybersecurityForModernVehicles.pdf

Nienaber, M. y Sarkar, P. (2017). *Germany likely to miss e-cars target, says Merkel*. Reuters, 15 de mayo de 2017. Retrieved from: <http://www.reuters.com/article/us-autos-electric-germany-idUSKCN18B24Z>

NPE (2015). Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Germany Progress Report and Recommendations 2015. German National Platform for Electric Mobility. Retrieved from:

[http://nationale-plattform-
elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/AG3_Statusbericht LIS 20
15 engl klein bf.pdf](http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/AG3_Statusbericht_LIS_2015_engl_klein_bf.pdf)

Perrin, J., Admitis, A., Ravello, V., Pandazis, J. C., Naberezhnykh, D. y Meijer, S. (2014). On-road charging of electric vehicles: the FABRIC Project. Retrieved from: [http://www.fabric-project.eu/images/Presentations/TRA%202014-
29629_outreach_marketplace_FABRIC_revised.pdf](http://www.fabric-project.eu/images/Presentations/TRA%202014-29629_outreach_marketplace_FABRIC_revised.pdf)

Qualcomm (2017). Qualcomm Demonstrates Dynamic Electric Vehicle Charging. Retrieved from: [https://www.qualcomm.com/news/releases/2017/05/18/qualcomm-
demonstrates-dynamic-electric-vehicle-charging](https://www.qualcomm.com/news/releases/2017/05/18/qualcomm-demonstrates-dynamic-electric-vehicle-charging)

REE (2016). El sistema eléctrico español 2015. Retrieved from: http://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/inf_sis_elec_ree_2015.pdf

RTE (2016). Power Generation by Energy Source. Réseau de transport d'électricité. Retrieved from: [http://www.rte-france.com/en/eco2mix/eco2mix-mix-
energetique-en](http://www.rte-france.com/en/eco2mix/eco2mix-mix-energetique-en)

SAE (2014). Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems. Retrieved from: http://standards.sae.org/j3016_201401/

SAE (2017). Cybersecurity Guidebook for Cyber-Physical Vehicle Systems. Retrieved from: <http://standards.sae.org/wip/j3061/>

Sahuquillo, M. (2017). Retrieved from: [http://internacional.elpais.com/internacional/2017/05/29/actualidad/14960219
85_982358.html](http://internacional.elpais.com/internacional/2017/05/29/actualidad/1496021985_982358.html)

SCANIA (2016). *World's first electric road opens in Sweden*. Retrieved From: <http://www.scania.com/group/en/worlds-first-electric-road-opens-in-sweden/>

Schäfer A. y Victor D.G. (2000). *The Future Mobility of the World Population*, *Transportation Research*, A, 34(3): 171-205.

Serrato, F. (2016). *Los expertos piden nuevos hábitos a los conductores para evitar atascos*. El País, 6 de noviembre de 2016.

Singer, M. (2016). Consumer Views on Plug-in Electric Vehicles – National Benchmark Report (Second Edition). NREL. Retrieved from: <https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67107.pdf>

Skatteverket (2017). Swedish Tax Agency. Retrieved from: <https://www.skatteverket.se/servicelankar/otherlanguages/inenglish.4.12815e4f14a62bc048f4edc.html>

Sodetrel (2017). Corri-door: une exclusivité Sodetrel. Retrieved from: <https://www.sodetrel.fr/realisations/reseau-corri-door/>

Statista (2017a). Forecast of the share of electric car production of annual vehicle production in 2016, by country. Retrieved from: <https://www.statista.com/statistics/244309/forecast-of-electric-car-production/>

Statista (2017b). Projected electric car* production in selected countries in 2021 (in 1,000 units). Retrieved from: <https://www.statista.com/statistics/270537/forecast-for-electric-car-production-in-selected-countries/>

Statista (2017c). Which countries have the best chances of becoming leading world providers/producers of electric vehicles? Retrieved from: <https://www.statista.com/statistics/275271/opinion-on-future-leading-producers-of-electric-vehicles/>

Statista (2017d). Average price (including tax) of passenger cars in the EU from 2013 to 2015, by country (in euros). Retrieved from: <https://www.statista.com/statistics/425095/eu-car-sales-average-prices-in-by-country/>

The Netherlands EU Presidency (2016). Declaration of Amsterdam. Cooperation in the field of connected and automated driving. 14-15 de abril de 2016. Retrieved from: <https://english.eu2016.nl/documents/publications/2016/04/14/declaration-of-amsterdam>

Tietge, U. (2017). *Lessons learned from Sweden's electric vehicle rollercoaster*. Retrieved from: <http://www.theicct.org/blogs/staff/lessons-learned-sweden-EV-rollercoaster>

Tietge, U., Mock, P., Lutsey, N. y Campestrini, A. (2016). *Comparison of leading electric vehicle policy and deployment in Europe*. White Paper. The International Council on Clean Transportation (ICCT). Retrieved from: http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_EVpolicies-Europe-201605.pdf

Thiel, C., Alemanno, A., Scarcella, G., Zubaryeva, A. y Pasaoglu, K. G. (2012). Attitude of European car drivers towards electric vehicles: a survey. Joint Research Centre. Retrieved from: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC76867>

TomTom (2016). TomTom Traffic Index. Retrieved from: https://www.tomtom.com/es_es/trafficindex/

Torregrossa, M. (2014). *Mia Electric placé en liquidation judiciaire*. AVEM. Retrieved from: <http://avem.fr/actualite-mia-electric-place-en-liquidation-judiciaire-4837.html>

UFG (2017). Factores de conversión de unidades. Unión Fenosa Gas. Retrieved from: <https://www.unionfenosagas.com/CarpetaCompartida/Clientes/TablaMedidasConversion/Tabla%20Factores%20de%20Conversion%20-%20Energia2.pdf>

UNIÓN EUROPEA, 2010. Mandato M/468 sobre la interoperabilidad de los sistemas de recarga de vehículos eléctricos e híbridos recargables.

UNIÓN EUROPEA, 2011. Libro Blanco del Transporte de la Comisión Europea.

UNIÓN EUROPEA, 2009. Reglamento (CE) Nº 443/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 por el que se establecen normas de comportamiento en materia de emisiones de los turismos nuevos como parte del enfoque integrado de la Comunidad para reducir las emisiones de CO₂ de los vehículos ligeros.

UNIÓN EUROPEA, 2014a. Reglamento Nº 333/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de marzo de 2014 por el que se modifica el Reglamento (CE) n o 443/2009 a fin de definir las modalidades para alcanzar el objetivo de 2020 de reducción de las emisiones de CO₂ de los turismos nuevos.

UNIÓN EUROPEA, 2014b. Directiva del parlamento europeo y del Consejo de Europa para el despliegue de una infraestructura para carburantes alternativos 2014/94/UE.

WiTricity (2017). Retrieved from: <http://witricity.com/>

7. ANEXOS

ANEXO 1. Siglas y acrónimos

ACEA	Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles (<i>European Automobile Manufacturers' Association</i> en inglés)
AIE	Agencia Internacional de la Energía
Ale	Alemania
ANFAC	Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones
ANFIA	Asociación Italiana de la Industria Automovilística (<i>Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica</i> en italiano)
bcm	Miles de millones (10^9) de metros cúbicos (<i>billion cubic metres</i> en inglés)
BEV	Vehículo eléctrico de batería (<i>battery electric vehicle</i> en inglés)
BTU	Unidad térmica británica (<i>British thermal unit</i> en inglés)
CAPV	Comunidad Autónoma del País Vasco
CaRSEC	Seguridad de los Coches y las Carreteras (<i>Cars and Road Security</i> en inglés)
CCS	Sistema de recarga combinado (<i>combined charging system</i> en inglés)
CEM-EVI	<i>Clean Energy Ministerial-Electric Vehicle Initiative</i>
CEN	Comité Europeo de Normalización (<i>Comité Européen de Normalisation</i> en francés)
C-ITS	Sistemas de Transporte Inteligentes Cooperativos (<i>Cooperative Intelligent Transport Systems</i> en inglés)
CO _{2eq}	Dióxido de carbono (CO ₂) equivalente
CO	Monóxido de carbono
DAFI	Implementación de infraestructura de combustibles alternativos (<i>deployment of alternative fuels infrastructure</i> en inglés)
DENA	Agencia Alemana de Energía (<i>Deutsche Energie-Agentur</i> en alemán)
DKK	Corona danesa (<i>danske krone</i> en danés)
DL	Decreto Legislativo
DME	Dimetil éter
DOE	Departamento de Energía de Estados Unidos (<i>U.S. Department of Energy</i> en inglés)

DWPT	Transferencia dinámica inalámbrica de carga (<i>Dynamic Wireless Power Transmission</i> en inglés)
EAFO	Observatorio Europeo de Combustibles Alternativos (<i>European Alternative Fuels Observatory</i> en inglés)
EEE	Espacio Económico Europeo (EEA o <i>European Economic Area</i> en inglés)
EFTA	Asociación Europea de Libre Comercio (<i>European Free Trade Association</i> en inglés)
EIA	Administración de Información de la Energía de Estados Unidos (<i>U.S. Energy Information Administration</i> en inglés).
ENISA	Agencia Europea para Seguridad de las Redes y la Información (<i>European Agency for Network and Information Security</i> en inglés)
ESD	Decisión de Esfuerzo Compartido (<i>Effort Sharing Decision</i> en inglés)
Esp	España
EVI	Iniciativa del Vehículo Eléctrico (<i>Electric Vehicle Initiative</i> en inglés)
FAME	Ésteres metílicos de los ácidos grasos (<i>fatty acid methyl esters</i> en inglés)
FC	Pila de combustible (<i>fuel-cell</i> en inglés)
FCEV	Vehículos eléctricos de pila de combustible (<i>fuel-cell electric vehicles</i> en inglés).
Fra	Francia
FTP	Procedimiento Federal de Prueba (<i>Federal Test Procedure</i> en inglés)
g	Gramos
GEI	Gases de efecto invernadero
GIZ	Agencia Alemana de Cooperación Internacional (<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i> en alemán)
GJ	Miles de millones (10 ⁹) de julios (J)
GLP	Gases licuados del petróleo
GNC	Gas natural comprimido
GNL	Gas natural licuado
Gpas-km	Miles de millones (10 ⁹) de pas-km
Gtep	Miles de millones (10 ⁹) de tep
GTL	De gas a líquido (<i>Gas-to-Liquids</i> en inglés)
HC	Hidrocarburos

h/cap/d	Horas por persona y día
HHub	Henry Hub
Hol	Holanda
HR-WPT	Transferencia inalámbrica de energía “altamente resonante” (<i>Highly Resonant-Wireles Power Transfer</i> en inglés)
ICBI	Iniciativa de Combustibles de Bajo Impacto (<i>Iniziativa Carburanti a Basso Impatto</i> en italiano)
ICE	Motor de combustión interna (<i>internal combustion engine</i> en inglés)
IITC	Centro de Innovación y Tecnología de IRENA (<i>IRENA Innovation and Technology Centre</i>)
IRENA	Agencia Internacional de las Energías Renovables (<i>International Renewable Energy Agency</i>)
IRPF	Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas
ISO	Organización Internacional de Normalización (<i>International Organization for Standardization</i> en inglés)
IVA	Impuesto sobre el Valor Añadido
JC08	Ciclo de prueba de conducción de Japón
km	kilómetro
ktep	Miles (10^3) de tep
kWh	kilowatio hora
l	litro
Li	Litio
M	Categoría de vehículos que se refiere a los de pasajeros
MAN	Marco de Acción Nacional
MBTU	Millones (10^6) de BTU
M€	Millones (10^6) de euros
MGO	Gasoil marítimo (<i>marine gas oil</i> en inglés)
MIT	Instituto Tecnológico de Massachusetts (<i>Massachusetts Institute of Technology</i> en inglés)
mpg	Millas por galón (<i>miles per gallon</i> en inglés)
Mtep	Millones de tep (10^6)
N	Categoría de vehículos que se refiere a los de mercancías
N ₂ O	Óxido nitroso

NBP	National Balancing Point
NEDC	Nuevo Ciclo de Conducción Europeo (<i>New European Driving Cycle</i> en inglés)
NH ₃	Amoníaco
NHTSA	Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en Carreteras (<i>National Highway Traffic Safety Administration</i> en inglés)
NO ₂	Dióxido de nitrógeno
NO _x	Óxidos de nitrógeno
NOK	Corona noruega (<i>norsk krone</i> en noruego)
Nor	Noruega
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OEM	Fabricante de vehículos (<i>Original Equipment Manufacturer</i> en inglés)
OMI	Organización Marítima Internacional
ONGs	Organizaciones no gubernamentales
ONU	Organización de las Naciones Unidas
Pas-km	Pasajeros y kilómetros (producto). Expresa los kilómetros recorridos por un pasajero
Pas-km/a	Pas-km recorridos en un año
PBV	Peso bruto del vehículo
PEMS	Sistema de Medición de Emisiones Portátil (<i>Portable Emission Monitoring System</i> en inglés)
PHEV	Vehículo eléctrico híbrido enchufable (<i>plug-in hybrid electric vehicle</i> en inglés)
PIB	Producto interior bruto
PIBpc	PIB per cápita
PM	Partículas
PPA	Paridad de poder adquisitivo
REEV	Vehículo eléctrico de autonomía extendida (<i>range extended electric vehicle</i> en inglés)
REX	Extensor de autonomía (<i>Range EXtender</i> en inglés)
RDE	Emisiones reales de circulación (<i>real driving emissions</i> en inglés)

SAE	Sociedad de Ingenieros de la Automoción (<i>Society for Automotive Engineers</i> en inglés)
SC	Subcomité (<i>subcommittee</i> en inglés)
SECA	Zonas de emisiones de azufre controladas (<i>Sulphur Emission Control Area</i> en inglés)
SEK	Corona sueca (<i>svensk krona</i> en sueco)
SO ₂	Dióxido de azufre
STI	Sistemas de Transporte Inteligentes
STW	Del sistema a la rueda (<i>system-to-wheels</i> en inglés)
Sue	Suecia
SUV	Vehículo utilitario deportivo (<i>sport utility vehicle</i> en inglés)
t	Toneladas
TC	Comité Técnico (<i>Technical Committee</i> en inglés)
TCO	Coste total de utilización para el propietario (<i>total cost of ownership</i> en inglés)
TEN-T	Red Transeuropea de Transporte (<i>Trans-European Transport Networks</i> en inglés)
tep	Toneladas equivalentes de petróleo
TICs	Tecnologías de la información y la comunicación
t-km	Toneladas y kilómetros (producto). Expresa los kilómetros recorridos por el conjunto de mercancías
TTW	Del tanque a la rueda (<i>tank-to-wheels</i> en inglés)
UE	Unión Europea
UE-28	Composición de la UE en 2017, formada por 28 países
UFE	Unión Francesa de la Electricidad (<i>Union Francaise de l'Electricité</i> en francés)
UNECE	Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (<i>United Nations Economic Commission for Europe</i> en inglés)
UNESA	Asociación Española De la Industria Eléctrica
V2I	Del vehículo a la infraestructura (<i>vehicle-to-infrastructure</i> en inglés)
V2V	De vehículo a vehículo (<i>vehicle-to-vehicle</i> en inglés)
VAC	Vehículo autónomo conectado
VE	Vehículo eléctrico

vkm	Vehículos y kilómetros (producto). Expresa los kilómetros recorridos por un vehículo
WEVC	Recarga inalámbrica de vehículos (<i>wireless electric vehicles charging</i> en inglés)
WG	Grupo de trabajo (<i>working group</i> en inglés)
WLTP	Proceso Mundial Armonizado de Ensayo en Vehículos Ligeros (<i>World Harmonized Light Vehicles Test Procedure</i> en inglés)
WPT	Transferencia inalámbrica de carga (<i>Wireless Power Transmission</i> en inglés)
WTT	Del pozo al tanque (<i>well-to-tank</i> en inglés)
WTW	Del pozo a la rueda (<i>well-to-wheels</i> en inglés)

ANEXO 2. El GNL en el transporte por carretera y en la navegación

La estrategia energética y del clima de la UE que implica la reducción de un 40% de las emisiones de CO₂ sobre 1990 y conseguir una contribución de la energía renovable de un 27% al consumo de energía final, no sería alcanzable sin desarrollar acciones sobre el transporte. Según se ha visto a lo largo del texto, las acciones incluyen, por un lado el aumento de la eficiencia energética y, por otro, el aumento de la utilización de energías bajas en emisiones de carbono, en particular de las renovables, es decir, de los denominados combustibles alternativos. Dentro de éstos la UE insta a los Estados Miembro a promover la utilización del gas natural mediante la implantación de medidas políticas de apoyo y el impulso al desarrollo de infraestructuras de distribución a través de la directiva 2014/94/UE. A lo largo del texto se ha visto también que la aplicación del gas natural en el transporte se ha desarrollado, hasta el momento, en el área de la movilidad, en el vehículo privado y en los transportes públicos urbanos, siendo Italia el país en el que ha alcanzado mayor nivel de consumo, aunque sin superar el 3% del consumo total en el transporte por carretera.

El gas natural, a pesar de su menor precio respecto a los derivados del petróleo, de disfrutar de la reducción del impuesto sobre la energía y en algunos países de incentivos a la compra de los vehículos, su uso como combustible en el vehículo personal no ha despegado, y la matriculación de nuevos vehículos ha caído en los últimos años. El GNC como combustible en vehículos ligeros ofrece, por otro lado, una mínima reducción de emisiones de GEI y contaminantes respecto al diésel, salvo que se trate de biometano (ver tabla siguiente), además de reducir la autonomía del vehículo. Es por ello que su aportación está más relacionada con la reducción de la dependencia del petróleo que con el cumplimiento de los objetivos de cambio climático, y en países como Suecia o Alemania se trate de impulsar la utilización de biometano en transporte, bien en mezcla el gas natural o mediante distribución en la estaciones de servicio.

TABLA 26. Emisiones de los vehículos (2020+) convencionales y GNC

Vehículo euro 6 (2020+)	Emisiones reales TTW			Emisiones reales WTW gCO ₂ e/km
	GEI gCO ₂ e/km	NO _x mg/km	PM mg/km	
Gasolina	144	60	5	170
Diesel	115	80	5	137
GNC	113	50	1	137

Fuente: (JRC, 2014).

El GNL combustible en el transporte de mercancías por carretera

Situación diferente se plantea en la utilización en el transporte de mercancías, donde el uso se plantea en función de su rentabilidad, y el precio de venta juega un papel fundamental. Los vehículos comerciales a gas destinados a sustituir a los convencionales de gasóleo son de dos tipos: a) vehículos con motores de ignición

por chispa (furgonetas y camiones rígidos), alimentados por GNC y utilizados en el transporte urbano; y b) camiones articulados para el transporte pesado (hasta 44 toneladas), con motores duales (con ignición por compresión) utilizados en el transporte interurbano y alimentados por GNL para aumentar su autonomía. La eficiencia y emisiones de GEI de ambos tipos de vehículos son diferentes. La eficiencia entre los vehículos diésel y los de combustible dual (gas natural con una ligera aportación de diésel para conseguir la ignición) es similar; sin embargo, las emisiones de este último resultan ser un 7% inferiores a las del diésel (ver tabla siguiente).

TABLA 27. Emisiones de vehículos pesados movidos con distintos tipos de motores y combustibles⁴⁹

Tipo de vehículo	Combustible	Emisiones			
		gCO _{2e} /km	gCO ₂ /km	gCH ₄ /km	gN ₂ O/km
HDV (urbano)	Diésel	601,2	600	0,003	0,004
HDV (urbano)	GNC	663,9	600	1,25	0,109
HDV (urbano)	CBM (biometano)	63,9	0	1,25	1,109
HDV (Larga distancia)	Diésel	831,2	830	0,003	0,004
HDV (Larga distancia)	Dual Fuel (Diésel + GNL)	778,5	760	0,502	0,0179
HDV (Larga distancia)	Dual Fuel (Diésel +BML*)	418,8	400**	0,491	0,0179

* BML- Biometano licuado

** Las emisiones no son cero pues el diésel es necesario para la ignición

Fuente: (Ricardo, 2016).

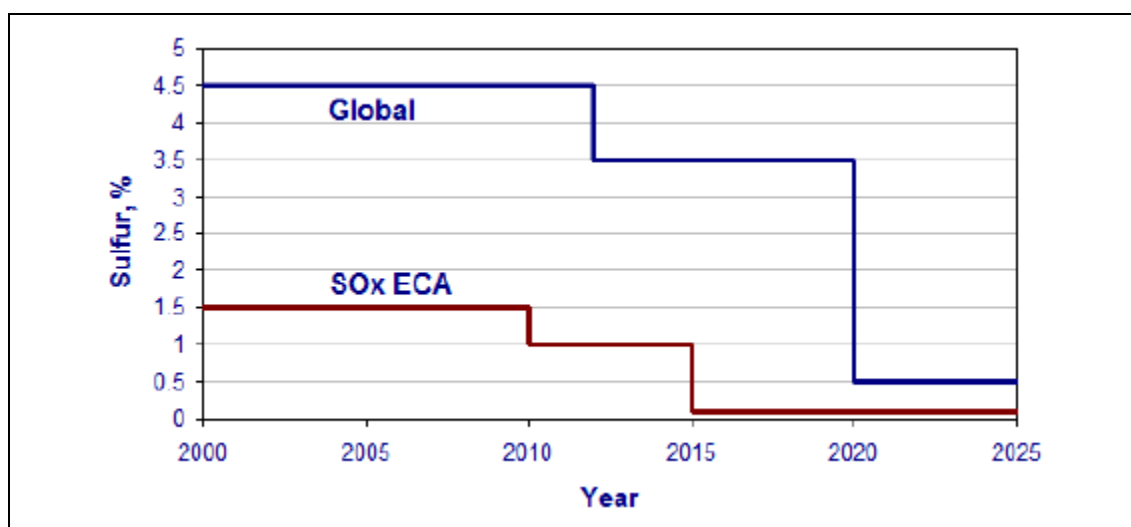
Como se ve, el GNL permite alcanzar la autonomía requerida por los vehículos de transporte pesados en operación interurbana; ofrece la reducción de costes de operación como consecuencia del menor coste del LNG respecto al diésel, además de una reducción apreciable de las emisiones de CO₂. Sin embargo, los costes de distribución, así como los de los vehículos, son significativamente mayores que los del diésel, en gran parte debidos a la inversión necesaria para el desarrollo de la red de suministro. Dado el bajos niveles de consumo iniciales y las inversiones necesarias para la instalación de las estaciones de servicio, resulta razonable esperar su operación bajo pérdidas los primeros años; el desarrollo de esta red necesita, pues, del impulso de las administraciones públicas, aspecto este contemplado en la directiva 2014/94/UE.

⁴⁹ Las emisiones por fugas de metano no están incluidas. El UK Government Truck Demonstration Trial ha indicado que las emisiones de CO₂ TTW de un camión con combustible dual eran 7% inferiores respecto a un vehículo diésel. Sin embargo, si se tuvieran en cuenta las fugas de metano del motor, equivalentes a 14 gCO₂/kWh, este valor se reduciría a un 4,9%

El GNL como combustible para la navegación

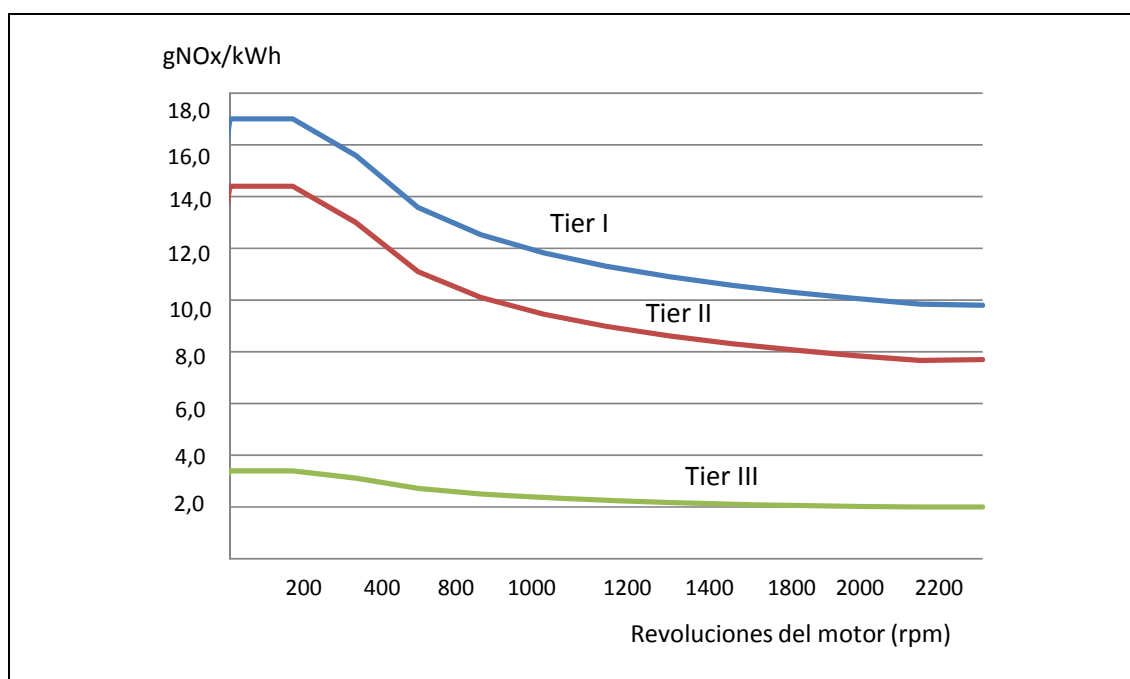
De acuerdo con el Anexo VI del protocolo MARPOL del IMO (Organización Marítima Internacional), la fecha del 1 de Enero del 2020, prevista para la entrada en vigor del límite global del 0,5 % de contenido de azufre en los combustibles marinos (ver gráfico siguiente), debería revisarse antes del 2018, atendiendo a la disponibilidad en el mercado de suficiente combustible de estas características; y del resultado de la revisión podría retrasarse hasta el 2025.

GRÁFICO 69. Límites de azufre en los combustibles marinos del Anexo VI de MARPOL



Fuente: (IMO, 2017).

El Anexo VI establece igualmente estándares de emisión de NO_x para motores diésel marinos de >130 kW de potencia, independiente del tonelaje del barco en el que están instalados. Los límites establecidos oscilan 2-3 gNO_x/kWh (Tier III), dependiendo de las revoluciones del motor, en las áreas ECA (Emission Control Areas), que incluyen las costas de Estados Unidos y Canadá; y de 8-14 gNO_x/kWh en el resto de las áreas (ver gráfico siguiente). No existe regulación en cuanto a las emisiones de partículas.

GRÁFICO 70. Límites de emisión de NO_x para motores diésel marinos

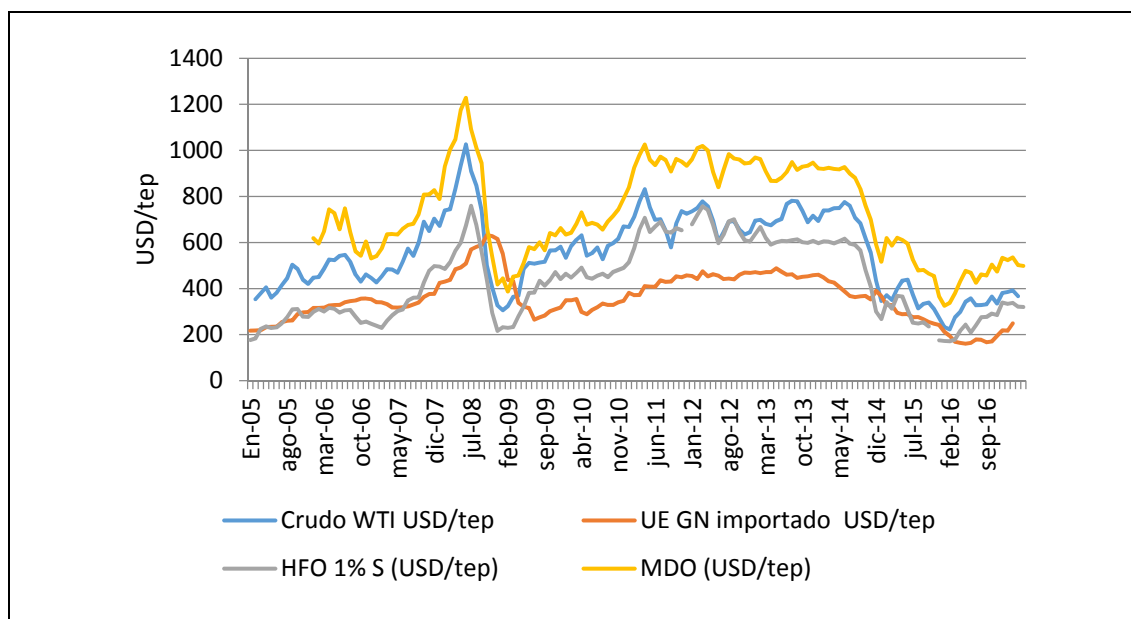
Fuente: (IMO, 2017).

El IMO, en la reunión del MEPC (Maritime Environmental Pollution Committee), decidió mantener la fecha del 2020 para la entrada en vigor del límite global del 0,5% de contenido de azufre en los combustibles marinos. Esta decisión podrá tener profundas consecuencias en los costes del tráfico marítimo, de no ser posible el cumplimiento de este límite mediante Bunker Fuel Oil (BFO) el combustible marino más utilizado y el más barato

Existen tres principales soluciones técnicas para alcanzar el límite de emisión equivalente a un combustible con el 0,5% de contenido de azufre y el cumplimiento de la emisión NO_x: a) la instalación de sistemas de lavado de gases de escape, b) utilización de gasóleo o diésel marino más tratamiento catalítico de los gases de escape, y c) utilización de GNL.

El lavado de gases de escape permite seguir utilizando BFO pero requiere de instalación de los equipos de lavado, implica mayor consumo de combustibles, necesita espacio y, finalmente, existen restricciones para el vertido de las aguas de lavado en áreas de puertos y bahías, por lo que tienen ser almacenadas a bordo. Por otro lado, la utilización de gasóleo marino requiere cambios menores en la máquina, y posiblemente la instalación del sistema de tratamiento, pero su precio es más elevado. En cuanto al GNL, es el combustible más barato (ver gráfico siguiente), necesita de instalación del tanque de almacenamiento y cambios menores en el motor, además del desarrollo del sistema de distribución y suministro en puertos.

GRÁFICO 71. Evolución de los precios del crudo, gas natural y combustibles marinos⁵⁰



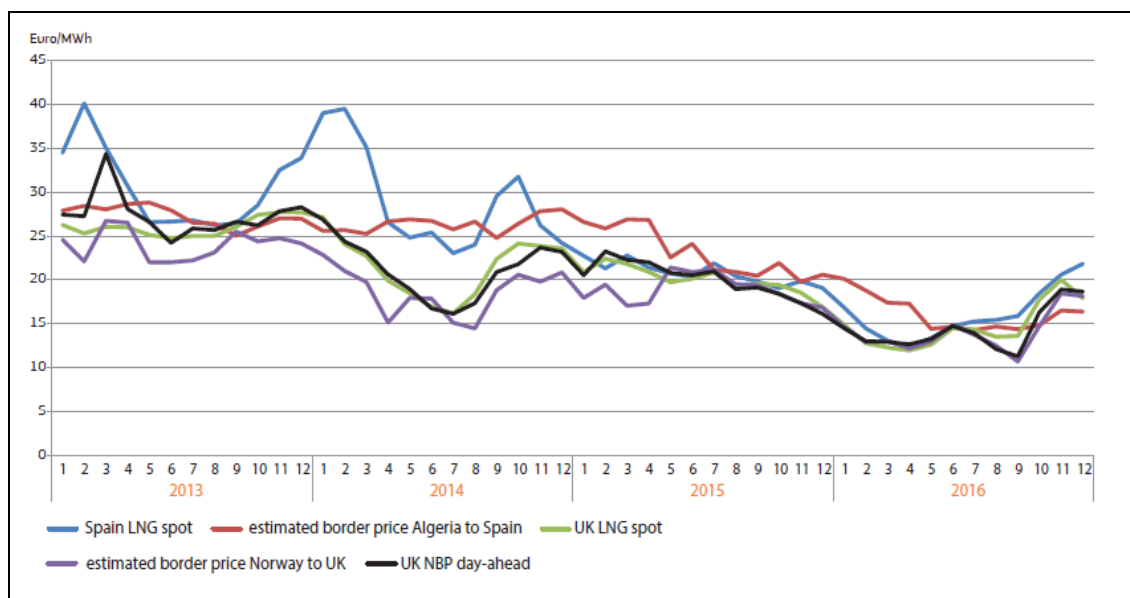
Fuente: elaboración propia a partir de (EIA, 2016) y (Banco Mundial, 2017).

Como se ve existe un diferencial de precio entre el gas natural el HFO/BFO, que en los últimos años se mantenido positiva, manteniendo una relación de precio GNL/BFO en el rango de 0,75, mientras que la relación de precios con el gasóleo marino GNL/MDO se mantiene en el rango de 0,5.

En lo que respecta a la futura tendencia del diferencial de precio entre el GNL y los combustibles derivados del petróleo, dado que se prevé un crecimiento del consumo en el transporte marítimo, llegando a alcanzar 320 Mt de en 2020, la entrada en vigor del límite de emisión de azufre deberá impulsar el consumo de destilados y su mezcla en los bunker marinos, lo que previsiblemente impulsará su aumento de precio. En cuanto al LNG la entrada en producción de nuevas instalaciones de licuación en el Pacífico Sur (Australia e Indonesia), la caída del consumo en Japón como consecuencia del restablecimiento de la producción nuclear, ha provocado la caída del precio del GNL, a pesar del aumento de número de países importadores, y aproximado su precio a un precio único internacional (precios en el área del Pacífico y en Europa) y al del gas natural importado por tubería (ver gráfico siguiente). La situación actual de sobrecapacidad de licuefacción (301 Mt de capacidad nominal de producción frente a un mercado de unos 250 Mt), unido a nuevos proyectos en Estados Unidos, Canadá y la costa oeste de África, hará que el exceso de oferta sobre la demanda y, por tanto el precio, se mantenga hasta bien entrada la década de los 20.

⁵⁰ Se ha tomado como referencia para el precio del GNL el precio del gas natural importado en Europa por disponer de mayor información, y dado que los precios del GNL se han mantenido próximos a este valor en particular en los últimos meses.

GRÁFICO 72. Evolución del precio del GNL y el gas suministrado por tubería en la UE



Fuente: (EIA, 2015).

Los precios de mercado mayorista del GNL son inferiores a los gasóleos marinos, sin embargo, los costes de suministro son muy diferentes, así mientras que los costes de suministro del BFO y MDO ascienden, con instalaciones amortizadas, a unos 10 €/t, el del GNL necesita del desarrollo de instalaciones de almacenamiento y suministro en puertos, con elevadas inversiones. Si se supone un horizonte de recuperación de la inversión de 15 años, el coste de suministro puede oscilar dependiendo del consumo entre 95 y 170 €/t. El volumen de movimiento de LNG a través de la instalación es un factor clave en el coste de suministro, por tanto es importante contemplar la posibilidad de combinar el suministro a buques en puerto con el suministro a camiones para el transporte terrestre. De nuevo, al igual que las instalaciones de servicio para el transporte por carretera, es de esperar operación bajo pérdidas de estas instalaciones en los primeros años, por ello es necesario el impulso de las administraciones públicas para su desarrollo.

Por tanto, además de la evolución de las regulaciones del IMO sobre contenido de azufre y emisiones de los motores, los principales criterios que determinarán el uso de los distintos combustibles marinos son su precio y la aplicación de las tecnologías de abatimiento en los gases de escape. Teniendo en cuenta las regulaciones adoptadas y las áreas ECA existentes los factores de emisión medios correspondientes a cada combustibles se incluyen la tabla siguiente (ver tabla siguiente). Como se ve el GNL, además de menor coste aporta la mayor reducción de GEI así como de contaminantes

TABLA 28. Reducción de emisiones de GEI y contaminantes respecto a los combustibles convencionales aportada por la autorización del GNL como combustible marino

Combustible	Emisión por kg de fuel				Emisión por MJ de fuel			
	gCO ₂ /kg	gSO ₂ /kg	gNO _x /kg	gPM/kg	gCO ₂ /MJ	gSO ₂ /MJ	gNO _x /MJ	gPM/MJ
HFO (0,5% S)	3130	10	83	4,26	77,284	0,247	2,049	0,105
MGO (0,1% S)	3190	2	89	0,97	74,883	0,047	2,089	0,023
GNL	2750	0	14	0,18	56,122	0,000	0,286	0,004
Dif GNL/HFO (%)					-3,1	-81,0	1,9	-78,4
Dif GNL/MGO (%)					-27,4	-100,0	-86,1	-96,5

Fuente: elaboración propia.

ANEXO 3. Sistemas de recarga del vehículo eléctrico en Europa

A lo largo del capítulo sobre la electricidad en el transporte, en especial cuando se habla de los distintos países europeos considerados en el estudio, se mencionan distintos tipos de sistemas de recarga. En este anexo se trata de arrojar luz sobre cuáles son las diferencias entre estos.

TABLA 29. Descripción de los protocolos de recarga eléctrica

	Velocidad de recarga y nivel	Tipo de alimentación	Potencia máxima (kW)
Convencional	Lenta (nivel 1)	CA	3,7
Tipo 2 AC	Lenta (nivel 2)	CA	3,7 - 22
	Rápida (nivel 3)	CA (trifásica)	22 - 43,5
ChaDeMo	Rápida (nivel 3)	CC	150
CCS	Rápida (nivel 3)	CC	200
Tesla SC	Lenta (nivel 2)	CA	22
	Rápida (nivel 3)	CC	150

Nota: la potencia máxima en ChaDeMo, CCS y Tesla SC son los sistemas comercialmente disponibles actualmente, aunque se están desarrollando mayores potencias que se espera vayan penetrando en los próximos años.

Fuente: (EAFO, 2017) y (AIE, 2016).

La existencia y desarrollo de los distintos tipos de sistemas de recarga está directamente relacionado con la estandarización que se menciona en el subapartado de agentes.

Por su presencia en Europa, destacan por un lado los sistemas ChaDeMo, siendo el más numeroso de los sistemas de recarga rápida en el continente a mediados de 2017 con 4.127 puntos en total (EAFO, 2017). Se trata de una asociación de fundación japonesa, cuyo nombre es una abreviatura de *Charge de Mode*⁵¹.

Tras iniciar su andadura en marzo de 2010⁵² de la mano de la eléctrica TEPCO y de los fabricantes Toyota, Nissan, Mitsubishi y Fuji Heavy Industries, en julio de ese mismo año se acordó la formación del comité europeo formado por PSA, Nissan, Mitsubishi, Think, Endesa, ESB, ABB y el ayuntamiento de Amsterdam (CHAdEMO, 2017).

Sus primeras instalaciones en Europa fueron en 2011, ya en dicho año en varios de los países objeto de este estudio. Así, en este primer año se desarrollaron cargadores rápidos CHAdEMO en España (Barcelona), Holanda (Amsterdam), en salidas de autopistas en Alemania (salidas de autopista y estaciones de servicio entre Hamburgo y Dortmund), en Francia (en la frontera franco alemana de Alsacia), y en Noruega (en la autopista de Stavanger) (CHAdEMO, 2012).

El siguiente protocolo de recarga en número de puntos instalados en Europa, con 3.242 localizaciones a mediados de 2017 (EAFO, 2017), es el sistema CCS (*combined*

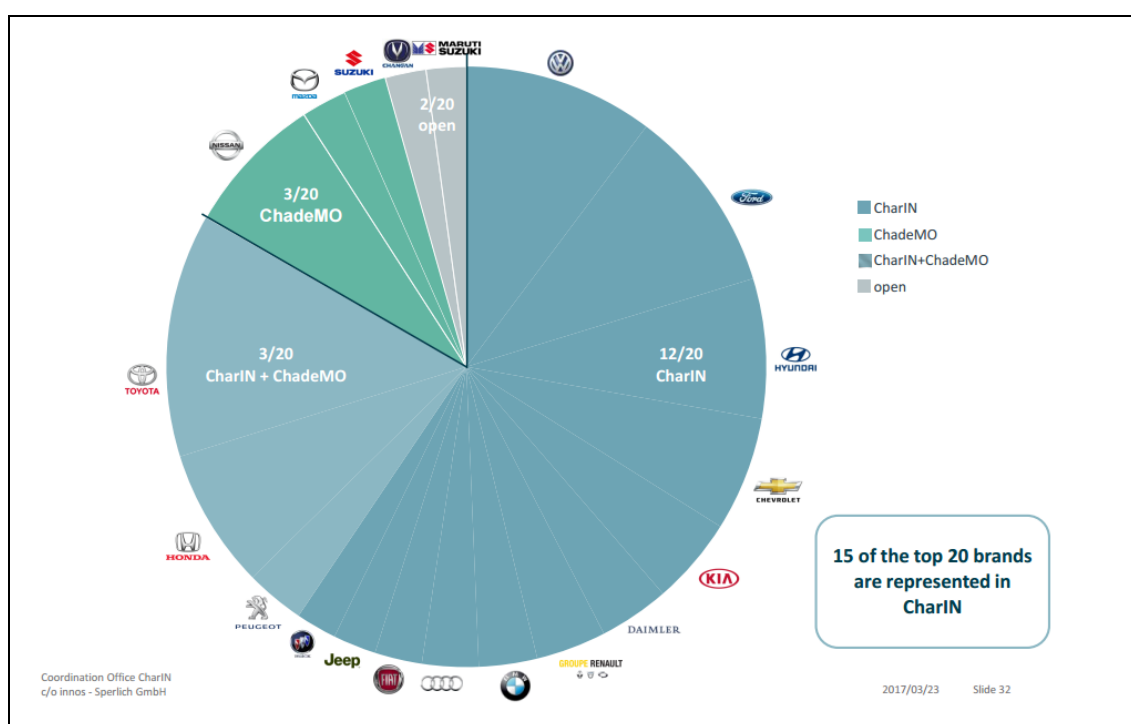
⁵¹ Este nombre proviene en realidad de un juego de palabras en japonés, *O cha demo ikaga desuka*, o “tomemos té mientras carga” en castellano (Ingeteam, 2012), en alusión a la rapidez de recarga.

⁵² Si bien los proyectos de I+D databan ya de 2005 (CHAdEMO, 2012).

charging system), que es impulsado desde 2015 por la asociación CharIN, abreviación de Charging Interface Initiative. CharIN es de fundación europea, concretamente con sede en Berlin, y fue iniciada por Audi, BMW, Daimler, Mennekes, Opel, Phoenix Contact, Porsche, TÜV SÜD y Volkswagen (CharIN, 2017a).

Cabe señalar que el protocolo CCS ha aumentado su interoperabilidad y está ganando relevancia, teniendo CharIn como asociación tiene mayor presencia que CHAdeMO en términos de afiliación y representación en sector de la automoción, si bien hay fabricantes como Peugeot, Mitsubishi, Renault-Nissan o Hyundai Kia utilizan el protocolo CHAdeMO con independencia de la tendencia del mercado (AIE, 2017). En el siguiente gráfico se puede apreciar que de los veinte mayores fabricantes de 2016, la gran mayoría estaban representadas en CharIN.

GRÁFICO 73. Distribución de los asociados por protocolos de recarga



Fuente: CharIN, 2017b.

Tras estos, el protocolo de recarga más común es el Type-2AC con 2.885 puntos instalados en Europa a mediados de 2017 (EAFO, 2017).

Se ha de mencionar por último a Tesla, que tiene su propio protocolo de recarga y es el cuarto en número de puntos de recarga rápida en Europa con 2.027 a mediados de 2017 (EAFO, 2017), si bien Tesla es miembro de CharIN desde 2016 (AIE, 2017).

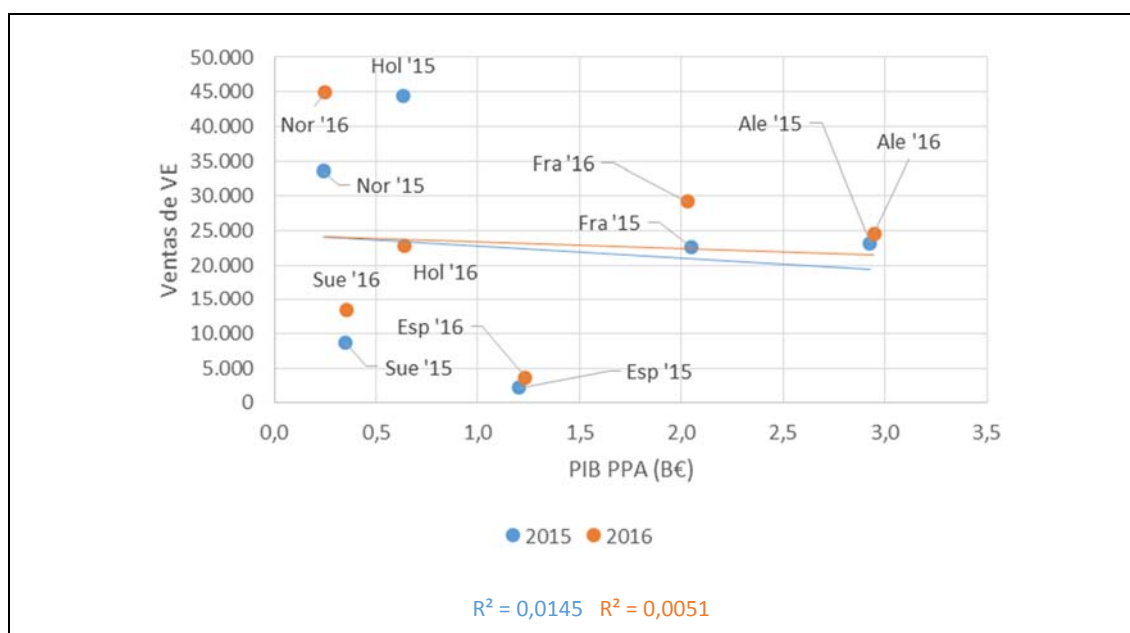
ANEXO 4. Ratios adicionales

Bloque I. Ratios económicos

En relación a los indicadores económicos, la capacidad de un país de emprender una transformación del sector transporte puede estar influido por el tamaño y la robustez de su economía, para lo cual un indicador puede ser el producto interior bruto (PIB), corregido mediante paridad de poder adquisitivo (PPA). Es decir, a mayor riqueza de un país, mayor capacidad puede tener este de acometer inversiones en nuevos modos de transporte.

Relacionando en el siguiente gráfico las ventas de vehículos eléctricos frente al PIB, no se observa tendencia significativa alguna, al igual que ocurre con las cuotas de ventas. Por tanto, al hecho de presentar una economía mayor no le corresponden mayores ventas del vehículo eléctrico.

GRÁFICO 74. Comparación de las ventas de vehículos eléctricos (unidades) con el PIB PPA en 2015 y 2016

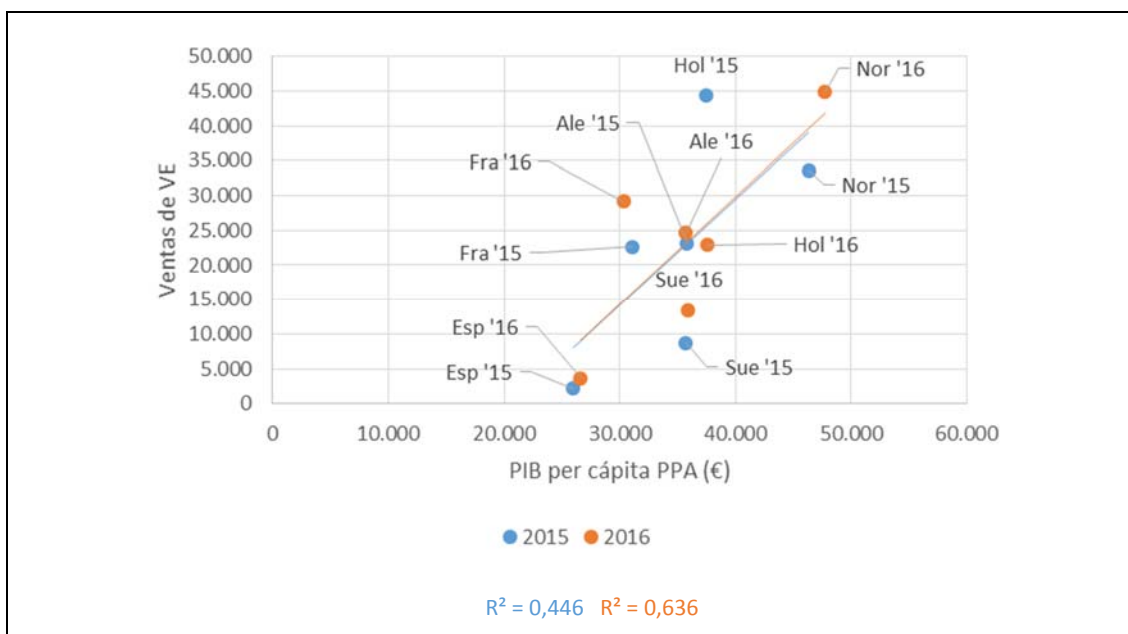


Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017).

Por otro lado, hay que tener en cuenta que, dado que los PIB son totalmente diferentes dependiendo de la población del país, la relación lógica es poniendo todos los países en la misma base, y esto ocurre si se considera el PIB per cápita.

El PIB per cápita, ajustado por paridad de poder adquisitivo (PPA), puede ser un enfoque complementario a la renta familiar disponible. Se aprecia así una tendencia creciente, que indica que a mayor PIB per cápita se producen mayores ventas. Si en lugar de aplicar las ventas en valor absoluto se aplican las cuotas de ventas, esta tendencia se mantiene.

GRÁFICO 75. Comparación de las ventas de vehículos eléctricos (unidades) con el PIB per cápita PPA en 2015 y 2016

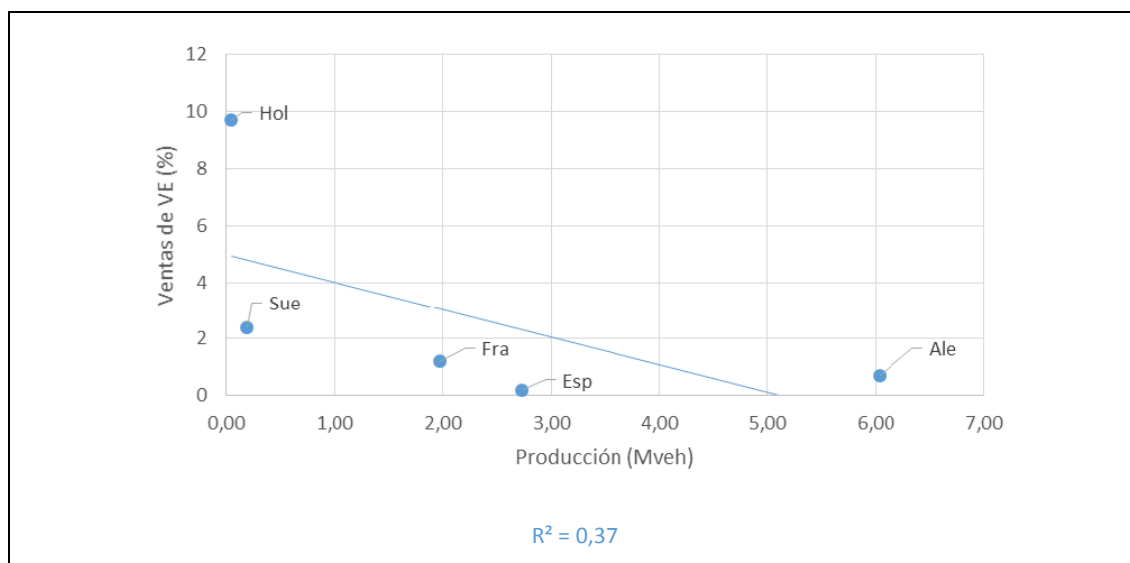


Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017).

Una actividad económica que puede estar relacionada directamente con la penetración de la movilidad eléctrica es la industria del automóvil. En este sentido puede entenderse que el desarrollo del sector manufacturero, tanto en plantas como en tecnología, puede facilitar la introducción de vehículos eléctricos.

Según esto, si se relacionan las ventas de vehículos eléctricos con la producción doméstica de vehículos en cada país (ver siguiente gráfico) puede apreciarse una tendencia negativa, pero que no es estadísticamente significativa. Esto significa que, aparentemente, a mayor producción doméstica de vehículos, menores ventas de vehículos eléctricos. Noruega no se muestra al no tener industria de fabricación de automóviles.

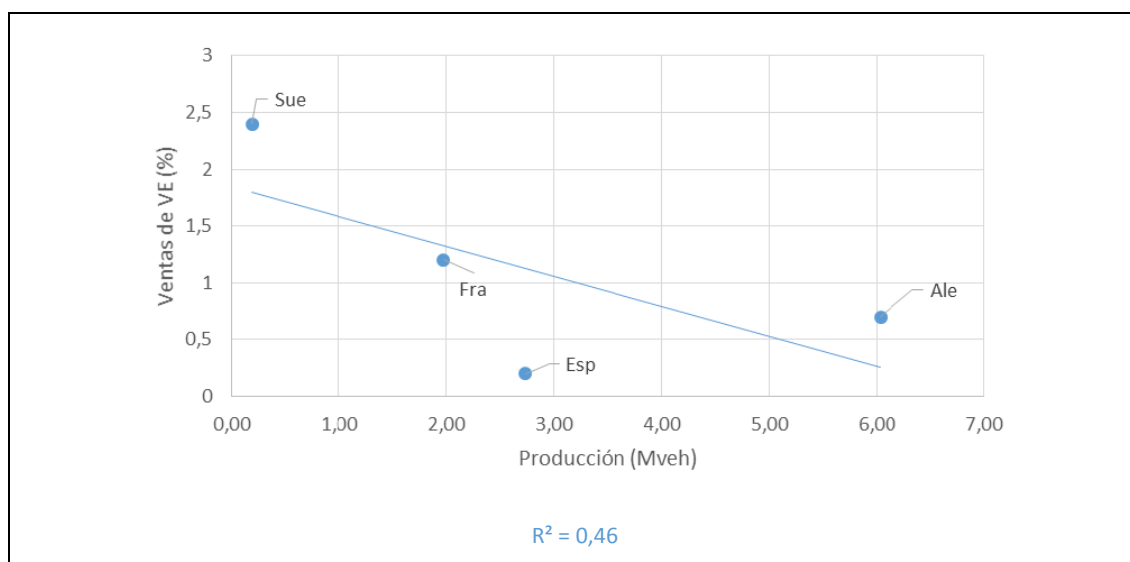
GRÁFICO 76. Comparación de las ventas de vehículos eléctricos (%) con la producción doméstica de vehículos (millones) en 2015



Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017) y (ACEA, 2016).

Si se excluye el único caso atípico en esta ocasión, que es Holanda, y cuya producción de vehículos no es significativa en comparación con el resto, se observa la misma tendencia decreciente con una mejora del valor R^2 .

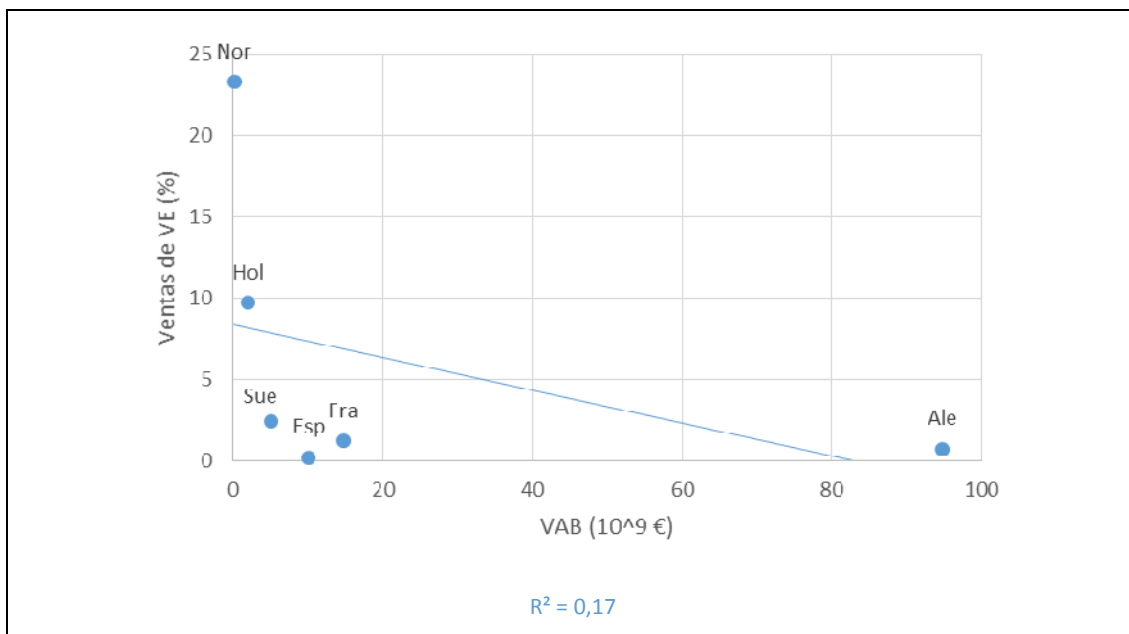
GRÁFICO 77. Comparación de las ventas de vehículos eléctricos (%) con la producción doméstica de vehículos (millones) en 2015 (excluyendo Holanda)



Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017) y (ACEA, 2016).

Otra opción de comparación de las ventas con la industria de automoción en términos económicos es a través del valor añadido bruto (VAB) de este sector dentro de cada país (ver gráfico siguiente). Al igual que con la comparación anterior, parece que a mayor peso de la industria, menor penetración del vehículo eléctrico, aunque con un R^2 menor.

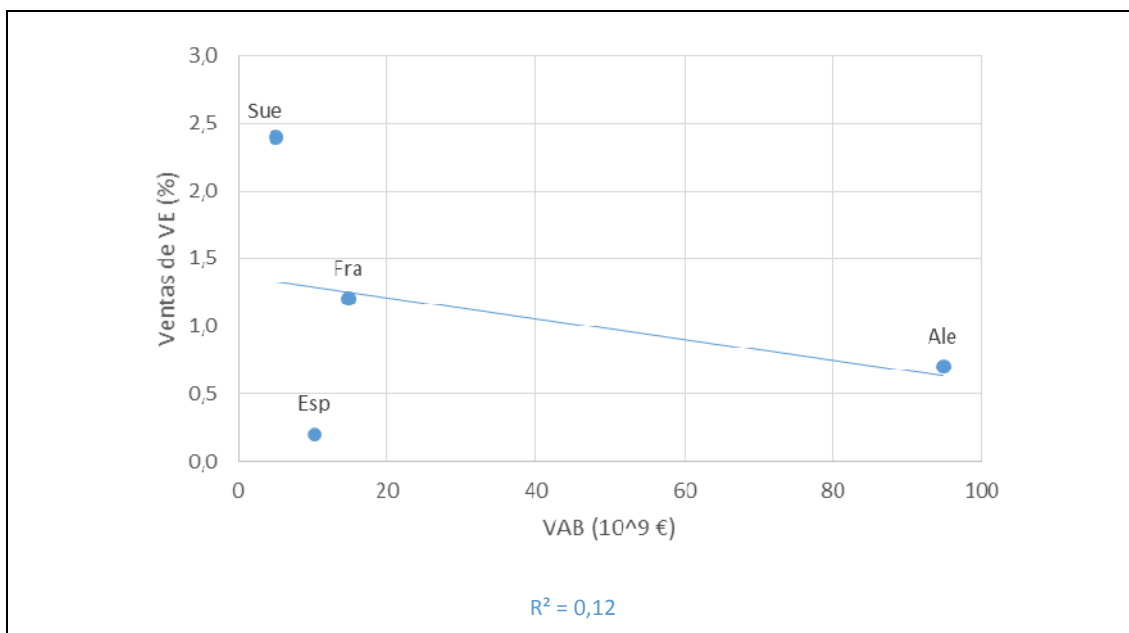
GRÁFICO 78. Comparación de las ventas de vehículos eléctricos (%) con la el VAB de la industria de automoción en 2015



Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017).

Si esto se compara excluyendo una vez más los casos atípicos de Noruega y Holanda, en este caso el valor R^2 se reduce, sin presentarse apenas ninguna tendencia entre los países que presentan una industria de automoción fuerte.

GRÁFICO 79. Comparación de las ventas de vehículos eléctricos (%) con la el VAB de la industria de automoción en 2015 (excluyendo Noruega y Holanda)



Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017).

Una conclusión que se puede extraer es que existen diferencias entre los países productores y los que no lo son respecto a los impuestos. Así, los países con una

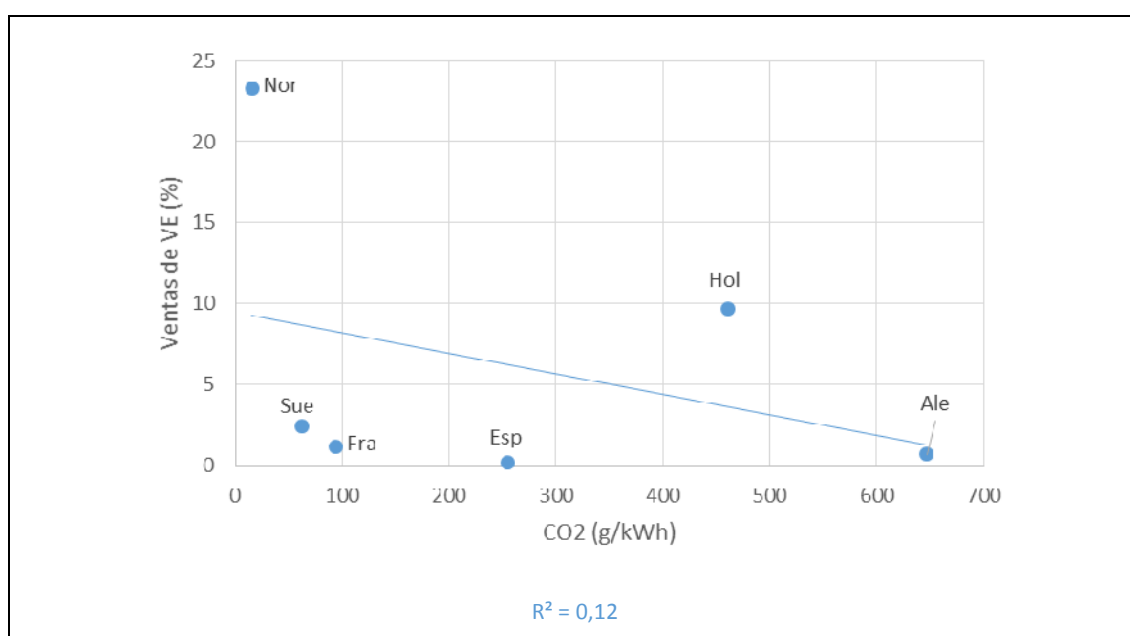
fabricación importante pueden no estar interesados en imponer altos impuestos de matriculación de vehículos convencionales y eléctricos, entre otros, o “defender” la industria y la tecnología existentes, por lo que estos son reducidos; en cambio, los no productores aplican impuestos altos de matriculación, en especial los nórdicos.

Esto implica que los países con una baja producción doméstica de vehículos, y por tanto que aplican impuestos de matriculación importantes, tienen un margen de reducción de impuestos para apoyar la compra de vehículos eléctricos. Los países que tienen una alta producción aplican menores impuestos, y por tanto presentarían menor margen de reducción para apoyar el desarrollo de la movilidad eléctrica.

Bloque I. Ratio medioambiental

En el subapartado de ratios del capítulo 5 se descarta la relación aparente entre emisiones específicas de CO₂ del *mix* eléctrico de generación y la penetración del vehículo eléctrico, debido a los bajos valores de R² esta presenta. En cualquier caso, por si su comparación y observación fuese de interés, se representa en el siguiente gráfico.

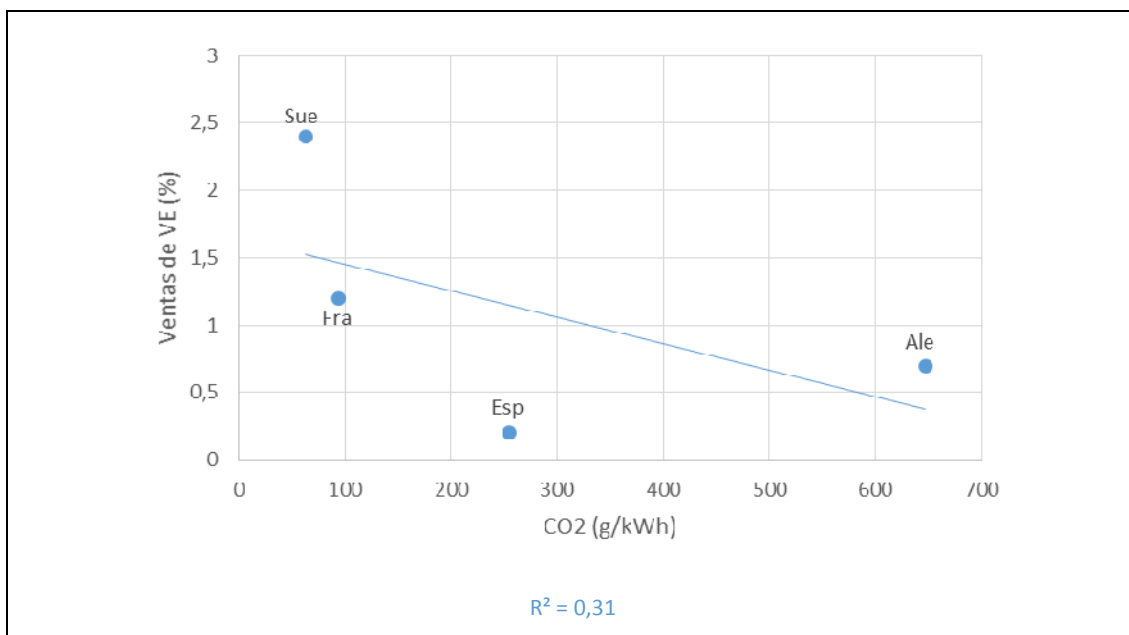
GRÁFICO 80. Comparación de las ventas de vehículos eléctricos (%) con las emisiones específicas de CO₂ del *mix* eléctrico de generación



Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017).

Como en otros casos, si se elimina el efecto de Noruega y Holanda como casos atípicos, el valor R² presenta cierta mejoría. En cualquier caso este valor sigue siendo baja y la relación no es aparente.

GRÁFICO 81. Comparación de las ventas de vehículos eléctricos (%) con las emisiones específicas de CO₂ del *mix* eléctrico de generación (excluyendo Noruega y Holanda)

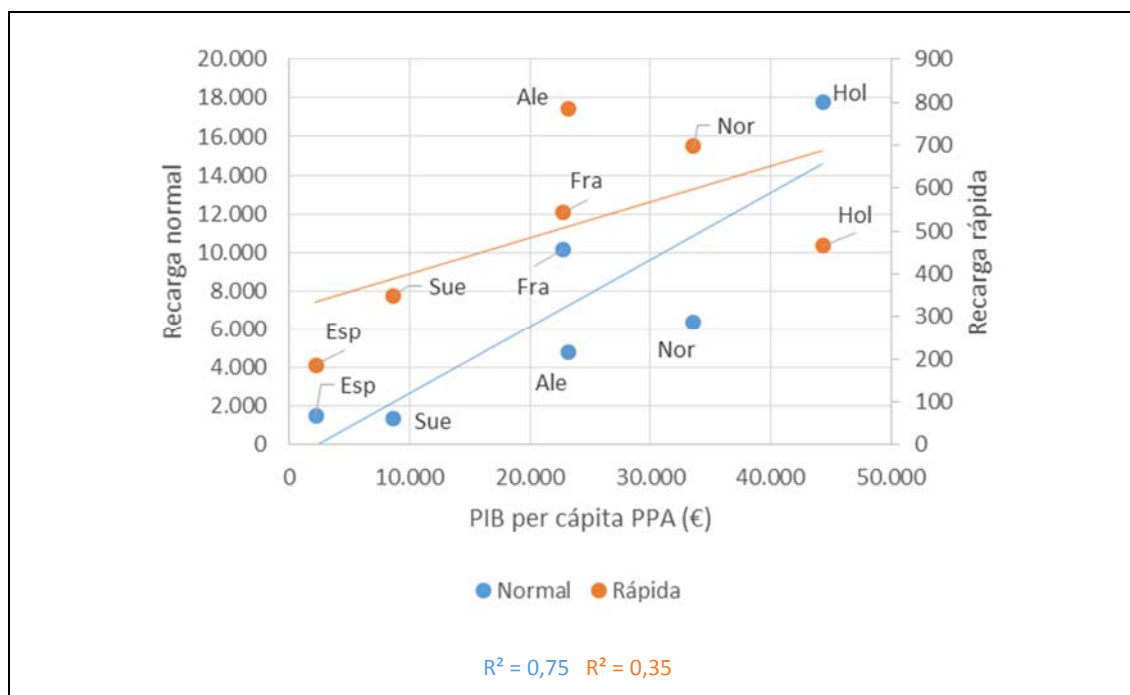


Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017).

Bloque II. Ratio económico

Al margen de las ventas de vehículos, el desarrollo de la infraestructura de recarga de los mismos también es clave para establecer un modelo de movilidad eléctrica. Si se realiza para la infraestructura de recarga una comparación con la capacidad económica del país (entendida esta por PIB per cápita), se aprecian tendencias crecientes para la recarga normal y la rápida, especialmente para la primera.

GRÁFICO 82. Comparación de los puntos de recarga públicos con el PIB per cápita PPA en 2015



Fuente: elaboración propia a partir de (Eurostat, 2017).

En cualquier caso, se ha de subrayar que el PIB de estos países está relacionado con el volumen del mercado del transporte: a mayor PIB, mayor volumen; por tanto, es lógico que en número de puntos de recarga aumente con el PIB, pero esto no quiere decir que exista relación directa.

No se comparan aquí los puntos de recarga públicos con los indicadores de riqueza de la población, PIB per cápita y renta familiar disponible, por entenderse que las inversiones de los individuos se realizan en las cargas vinculadas de cada vehículo eléctrico y en los entornos privados. Para esto no existen estadísticas oficiales, pero sí se puede relacionar directamente con las ventas de vehículos (teóricamente a cada vehículo le corresponde un punto de recarga vinculado).

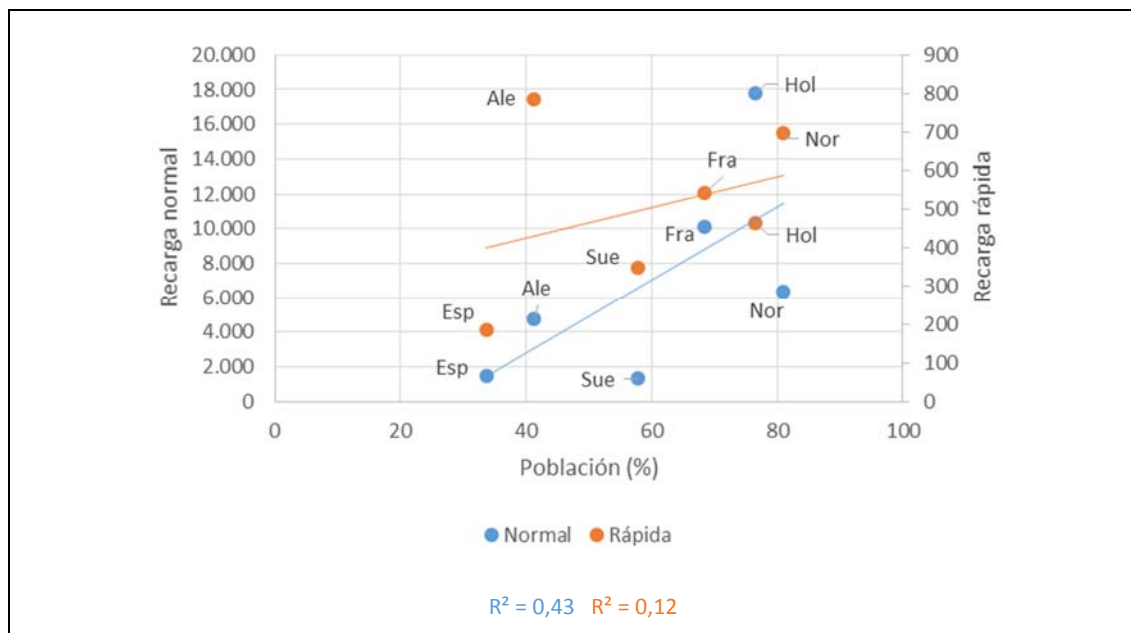
Bloque II. Ratio social

Si se entiende que los habitantes con viviendas de este tipo serán los más predispuestos a disponer de vehículo eléctrico (y recarga normal), estadísticamente también serán los más propensos a usar utilizar estaciones de recarga públicas, bien sea carga lenta o rápida, si acaso estos necesitasen recargar fuera del domicilio.

Relacionando los puntos de recarga instalados con los habitantes en viviendas unifamiliares (tanto casas individuales como adosadas) en el siguiente gráfico, se aprecia una tendencia significativa creciente, sobre todo en recarga normal, de

manera que a mayor número de habitantes con vivienda unifamiliar, mayor número de puntos de recarga normal parece haber instalados⁵³.

GRÁFICO 83. Comparación de los puntos de recarga públicos con la población en viviendas unifamiliares (%) en 2015



Fuente: elaboración propia a partir de (AIE, 2016) y (EAF0, 2017).

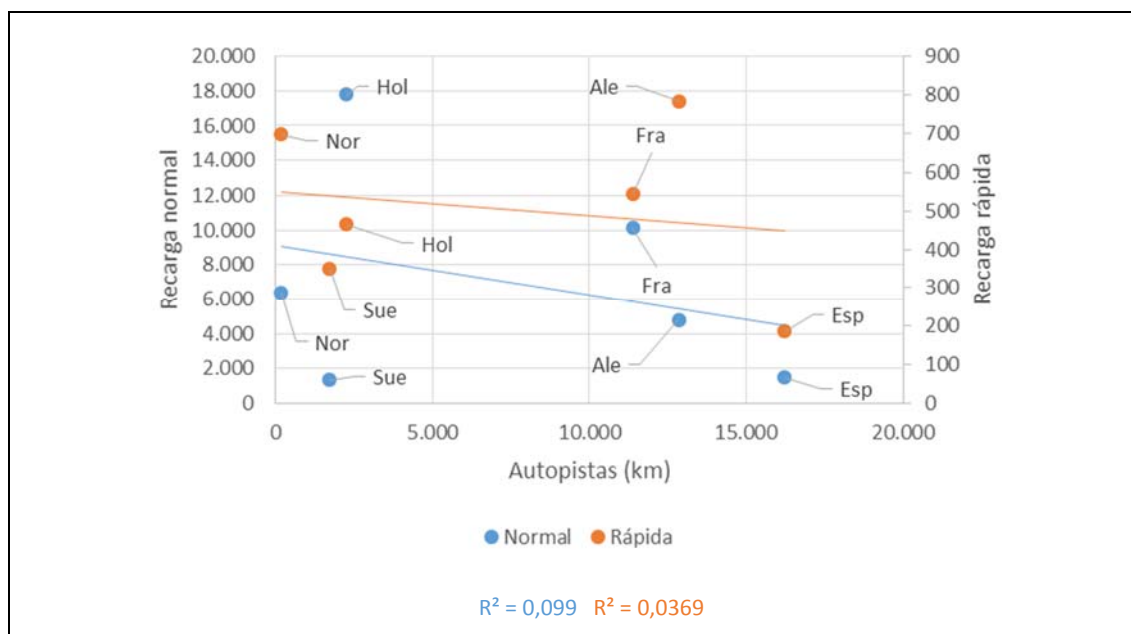
Bloque II. Ratio técnico

Finalmente, un indicativo alternativo para evaluar la facilidad de desplazarse con el vehículo eléctrico es el de kilómetros de autopista en cada país, al tratarse de infraestructuras de importancia capital para el transporte.

En este sentido vuelve a no ser posible observar una relación, de manera que a más infraestructuras viarias que cubrir con puntos de recarga, los países con más kilómetros construidos no tienden a un mayor desarrollo de la recarga.

⁵³ Aquí juega un papel importante el precio de la electricidad en los puntos de recarga rápidos, pues en función de los costes puede no tener interés económico instalar un punto de recarga rápido si no está subvencionado.

GRÁFICO 84. Comparativa del ratio puntos de recarga públicos por kilómetros de autopista en 2015



Fuente: elaboración propia a partir de (AIE, 2016) y (EAF0, 2017).

AUTORES

Eloy Álvarez Pelegry

Doctor Ingeniero de Minas por la ETSI Minas de Madrid, licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales por la UCM y diplomado en Business Studies por London School of Economics. Es director de la Cátedra de Energía de Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad, Fundación Deusto y Académico de la Real Academia de Ingeniería. Comenzó en 1976 su trayectoria profesional en Electra de Viesgo, y posteriormente trabajó en Enagás y en Carbones de Importación. De 1989 a 2009 ocupó puestos ejecutivos en el Grupo Unión Fenosa, donde fue director Medioambiente e I+D y de Planificación y Control; así como secretario general de Unión Fenosa Gas. Ha sido profesor asociado en la ETSI Minas de Madrid y en la UCM, y director académico del Club Español de la Energía. Ha publicado más de 80 artículos, varios libros y realizado más de 100 presentaciones públicas.

Manuel Bravo López

Es doctor en Química Técnica, MSc. en Ingeniería Bioquímica y MBA por Euroforum. Actualmente colabora con el Institut Cerdá como consejero técnico de Energía y Medio Ambiente, y con el Fondo de Emprendedores de Fundación Repsol. Durante su carrera profesional ha ocupado puestos de dirección en Energía y Medio Ambiente en la Fundación Repsol, Europa (Asociación Europea de Empresas de Refino), Procesos de Refino en la unidad de Refino Europa de Repsol, Desarrollo de Procesos en el Centro de Investigación de Repsol e Investigación y Desarrollo de Enfersa. Es coautor de varias publicaciones sobre control avanzado en Plantas de Amoniaco y Biocombustibles, entre otras.

Jaime Menéndez Sánchez

Ingeniero de Minas de la Universidad de Oviedo y especializado en la rama de Energía, trabaja como ayudante de investigación en la Cátedra de Energía, donde ha participado en el proyecto sobre "Transiciones Energéticas e Industriales". Parte de sus estudios los realizó en la Universidad Técnica de Ostrava (República Checa), mediante una beca Erasmus. A esto le siguió la concesión de una beca por parte de EDP para realizar prácticas en la misma compañía, concretamente en el Departamento de Ambiente, Sostenibilidad, Innovación y Calidad, donde compatibilizó el desarrollo de un programa Lean con otras actividades. En 2015, le fue concedido el Premio CEPSA al mejor Proyecto Fin de Carrera sobre Exploración y Producción de Hidrocarburos.



C/ Hermanos Aguirre nº 2

Edificio La Comercial, 2ª planta

48014 Bilbao

España

Tel: 944139003 ext. 3150

Fax: 944139339

www.orquestra.deusto.es