

ANÁLISIS Y PROPUESTAS



LA INNOVACIÓN ENERGÉTICA EN EL TRANSPORTE



BIBLIOTECA
DE LA ENERGÍA



CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA
INSTITUTO ESPAÑOL DE LA ENERGÍA



CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA
INSTITUTO ESPAÑOL DE LA ENERGÍA

© Por la edición enero 2011 y sucesivas, CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA

Diseño y diagramación: Walter Lance GDS

Impresión: Green Printing

Depósito Legal: XXXXXXXXXX

ISBN: 978-84-614-6865-2

El Club Español de la Energía no asume responsabilidad alguna sobre las posibles consecuencias que se deriven para las personas naturales o jurídicas que actúen o dejen de actuar de determinada forma como resultado de la información contenida en esta publicación, siendo recomendable la obtención de ayuda profesional específica sobre sus contenidos antes de realizar u omitir cualquier actuación.

El Club Español de la Energía, respetuoso con la libertad intelectual de sus colaboradores, reproduce los originales que se le entregan, pero no se identifica necesariamente con las ideas y opiniones que en ellos se exponen y, consecuentemente, no asume responsabilidad alguna en este sentido.

Quedan reservados todos los derechos. No está permitida la explotación de ninguna de las obras que integran la "Biblioteca de la Energía" sin la preceptiva autorización de sus titulares; en particular no está permitida la reproducción, distribución, comunicación pública o transformación, en todo o en parte, en cualquier tipo de soporte o empleando cualquier medio o modalidad de comunicación o explotación, sin el permiso previo y por escrito de sus titulares.

El Club Español de la Energía, en su afán por ofrecer la mayor calidad y excelencia en sus publicaciones, muestra una total disposición a recibir las sugerencias que los lectores puedan hacer llegar por correo electrónico: publicaciones@enerclub.es

Edita y distribuye:

Club Español de la Energía
Instituto Español de la Energía
Pº de la Castellana, 257-8º planta
28046 Madrid
Tel.: 91 323 72 21
Fax: 91 323 03 89

www.enerclub.es

publicaciones@enerclub.es

ANÁLISIS Y PROPUESTAS



LA INNOVACIÓN ENERGÉTICA EN EL TRANSPORTE

THINK TANK DE INNOVACIÓN EN EL ÁREA DE LA ENERGÍA



CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA
INSTITUTO ESPAÑOL DE LA ENERGÍA

I ÍNDICE

PRÓLOGO	9
OBJETO DEL DOCUMENTO	11
MIEMBROS DEL THINK TANK DE INNOVACIÓN EN EL ÁREA DE LA ENERGÍA (TTIE) Y COLABORADORES	13
CAPÍTULO I: EL TRANSPORTE, LA ENERGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE	16
1. Visión general	16
2. Las políticas	18
3. ¿Es España diferente?	21
4. Crecimiento y sostenibilidad del modelo actual: un diagnóstico aproximado	22
5. La innovación en el transporte	25
CAPÍTULO II: RETOS PARA UNA INNOVACIÓN ENERGÉTICA AL SERVICIO DE UN TRANSPORTE EFICIENTE Y SEGURO	29
CAPÍTULO III: TECNOLOGÍAS PARA LA INNOVACIÓN ENERGÉTICA	33
1. Aproximación prospectiva	33
2. La electromovilidad	36
3. El Gas Licuado de Petróleo (GLP) de automoción	42
4. El Gas Natural Vehicular (GNV)	45
5. La movilidad a través del hidrógeno y pilas de combustible	49
6. Los combustibles convencionales y los biocombustibles	52
7. Potencial de las medidas "soft" en la nueva movilidad	59
CAPÍTULO IV: LA GESTIÓN DEL CAMBIO	63
1. Conclusiones a las que llega el TTIE consecuencia de este estudio	63
2. Recomendaciones	68
APÉNDICE I: Empresas del sector de fabricación de componentes para la industria del transporte por carretera	71
APÉNDICE II: Bibliografía	72

PRÓLOGO

Los desafíos a los que se enfrenta el mundo desarrollado en el ámbito económico tienen hoy una importancia sin precedentes. La Unión Europea afronta el reto de salir de la crisis buscando soluciones que, en un contexto marcado por la aparición de los nuevos países en desarrollo como grandes competidores, le permita contar con una economía fuerte, competitiva y capaz de generar empleo. Sin embargo, este proceso de recuperación económica va a estar fuertemente marcado por la necesidad de llevarlo a cabo dentro del compromiso con la seguridad de suministro, la sostenibilidad y la protección del medio ambiente.

En este sentido, las políticas de apoyo a la innovación y al uso de tecnologías de baja emisión de carbono, como las renovables, son un medio clave para mitigar el cambio climático pues ofrecen la posibilidad de reducir de una forma eficiente las emisiones, al mismo tiempo que constituyen un instrumento importante para contribuir a la futura competitividad de nuestro país y de Europa.

El transporte utiliza la energía de forma intensiva y es el sector que más ha incrementado sus emisiones en la última década, tendencia que, según previsiones de organismos internacionales, seguirá aumentando fuertemente si no se toman medidas adicionales que lo impidan. Esto hace que la necesidad de acelerar el despliegue a gran escala de las nuevas tecnologías energéticas en este sector –biocombustibles, hidrógeno, pilas de combustible...– sea todavía más evidente. El éxito sólo será posible utilizando las oportunidades de masa crítica que ofrece la cooperación a nivel europeo.

En el caso del transporte, además del papel esencial que deben desarrollar las instituciones y empresas generadoras de las nuevas tecnologías en el proceso del cambio, es necesario incorporar a los usuarios para que de forma voluntaria participen en él, aceptando y adaptando las nuevas soluciones a sus modos de vida. En definitiva, son ellos los que van a materializarlas y los que van a desarrollar los mercados de estas nuevas tecnologías.

En el documento que se presenta a continuación, el Think Tank de Innovación en el área de la Energía (TTIE) del Club Español de la Energía ofrece un análisis horizontal, desde la perspectiva de la innovación energética, sobre la problemática a la que se enfrenta el sector del transporte por carretera por su elevado consumo energético y sus emisiones. Esperamos que esta información sea de utilidad para todos aquellos que tienen la responsabilidad de la toma de decisiones, tanto en el ámbito empresarial como

en el de las administraciones públicas, y que sirva para conocer de una manera más detallada la situación actual, así como la evolución y el futuro de las nuevas tecnologías energéticas en el transporte.

Concluyo agradeciendo a los componentes del Think Tank de Innovación en el área de la Energía de nuestra Asociación, especialmente a su Presidente, Don Pablo Fernández Ruiz, por su dedicación y desinteresada cooperación en la elaboración de este documento.

Ignacio S. Galán

Presidente del Club Español de la Energía

Presidente de Iberdrola

OBJETO DEL DOCUMENTO

El Club Español de la Energía ha propiciado la creación de un *Think Tank* sobre la innovación en el área de la energía con objeto de contar con un instrumento que, desde posiciones de independencia, proporcione consejo cualificado a los actores principales y a los responsables de la toma de decisiones, para la mejora y aceleración del sistema de innovación español en el área de las tecnologías energéticas. Y esto, dentro del contexto del debate energético, con el fin de contribuir a conseguir los objetivos de política energética españoles, aportar a los objetivos comunitarios y nutrir la aportación española a las iniciativas europeas y mundiales.

El desarrollo y la materialización de nuevas tecnologías, de bajo contenido en carbono y competitivas en coste, son vitales para conseguir los objetivos de fortalecimiento frente a la gran dependencia del exterior de España en su suministro de productos energéticos y de dar respuesta a la creciente necesidad de dotarse de un sistema energético más sostenible, en particular reduciendo las emisiones de gases efecto invernadero, a la vez que se impulsa el crecimiento económico. Europa ha puesto en marcha un complejo proceso para conseguir unos objetivos ambiciosos de política energética y medioambiental en el que las nuevas tecnologías energéticas juegan un rol preponderante. Teniendo en cuenta la importancia del sector del transporte como un gran usuario de energía, que la consecución de estos objetivos dependerá en gran parte de la capacidad del transporte para llevar a cabo una evolución importante en los próximos años, y el hecho de que las nuevas soluciones tecnológicas para este sector han sido objeto de gran interés en la actualidad nacional, el *Think Tank* ha emprendido la tarea de adentrarse en un análisis horizontal del potencial del cambio de este sector basado en la introducción de las nuevas tecnologías energéticas. En particular, por el peso del transporte por carretera en el uso de la energía, se ha escogido éste como el principal objeto del trabajo.

Para su desarrollo se ha consultado la documentación indicada en la bibliografía del apéndice II, además de a relevantes personalidades conocedoras de esta materia (cuyos nombres se mencionan en el siguiente apartado), lo que ha permitido ofrecer una visión más amplia. Al final del presente documento, se incluyen unas conclusiones

a modo de resumen ejecutivo y unas recomendaciones que subrayan aspectos que necesitan atención si realmente se desea un verdadero cambio.

El *Think Tank* tiene la intención de ofrecer de forma periódica su visión de la situación presente y de los aspectos más relevantes de cara al futuro en el área de la innovación energética y continuará trabajando en esta dirección en el futuro.

A todos los colaboradores que desinteresadamente han participado en la elaboración de este documento, a los miembros del *Think Tank* de Innovación en el área de la Energía, a los componentes de la Secretaría Técnica del Club Español de la Energía y a su Director General, quiero hacer llegar nuestro más sincero agradecimiento.

Pablo Fernández Ruíz

Presidente Think Tank de Innovación en el área de la Energía

MIEMBROS DEL THINK TANK DE INNOVACIÓN EN EL ÁREA DE LA ENERGÍA (TTIE) Y COLABORADORES

Pablo Fernández Ruíz

Presidente TTIE

CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA

Juan Antonio Cabrera Jiménez

Jefe de la División de Prospectiva y Vigilancia Tecnológica

*CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS
(CIEMAT)*

Agustín Delgado Martín

Director de Innovación, Medio Ambiente y Calidad

IBERDROLA

José Domínguez Abascal

Secretario General Técnico

ABENGOA

Antoni Martínez García

Director General

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA ENERGÍA DE CATALUÑA (IREC)

José M^a Martínez-Val Peñalosa

Catedrático de Termotecnia

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

José Molero Zayas

Catedrático de Economía Aplicada

INSTITUTO COMPLUTENSE DE ESTUDIOS INTERNACIONALES

Joaquín Nieto Saínz

Presidente de Honor

SUSTAINLABOUR

Juan Ormazábal Jordana

Ex-Director General

CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES (CENER)

Emiliano Perezagua Gil

Vicepresidente

PLATAFORMA TECNOLÓGICA EUROPEA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Cristina Rivero Fernández

Jefe Departamento Medio Ambiente y Cambio Climático

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA (UNESA)

Santiago Sabugal García

Presidente

PLATAFORMA TECNOLÓGICA ESPAÑOLA DEL CO₂

Joaquín Sánchez Sanz

Director Laboratorio Nacional de Fusión por Confinamiento Magnético

CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS (CIEMAT)

Fernando Temprano Posada

Director de Tecnología

REPSOL

En la redacción del documento se ha contado con la inestimable colaboración de: **Francisco José Alía Moreno-Ortiz**, *Tecnólogo de Repsol*; **Eloy Álvarez Pelegry**, *Director del Departamento de Energía del Instituto Vasco de Competitividad (Fundación Deusto)*; **Paloma Centenera Centenera**, *Máster en Economía y Gestión de la Innovación e Investigadora del Grupo de Investigación GRINEI de la Universidad Complutense de Madrid*; **Pablo Gómez-Acebo Muntañola**, *Tecnólogo de Repsol*; **Inés Granda Gayo**, *Doctora en Ciencias Económicas e Investigadora del Grupo de Investigación GRINEI de la Universidad Complutense de Madrid*; **Jaime Isidro Gutiérrez Serna**, *Consultor Senior de Repsol*; **Enrique Meroño Sierra**, *Responsable de Nuevas Iniciativas de la Dirección de Innovación, Medio Ambiente y Calidad Corporativa de Iberdrola*; y **José María López Martínez**, *Subdirector del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA)-UPM*. Además, **Agustín Aragón Mesa**, *Secretario General de la Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil (FITSA)*, ha aportado su conocimiento y experiencia en la orientación de esta publicación.

Por parte de la estructura del Club Español de la Energía han colaborado en la publicación del documento:

Juan Bachiller Araque, *Director General*, **Pablo de Juan García** y **Ana Belén Padilla Moreno**, *miembros de la Secretaría Técnica*.

CAPÍTULO I: EL TRANSPORTE, LA ENERGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE

1. Visión general

La industria del transporte constituye un componente esencial de la economía europea, representando de forma general cerca del 7 % del PIB y más del 5 % del empleo total de la Unión Europea (UE). De este 7%, el 4,4 % corresponde a los servicios de transporte y el resto a la fabricación de equipos, mientras que 8,9 millones de empleos corresponden a los servicios y 3 millones a los equipos.

A nivel nacional, el sector del automóvil es un pilar muy importante de nuestra economía, generando, en 2008, casi el 9% del empleo directo e indirecto y contribuyendo al 6% del PIB. La producción de vehículos cayó en 2008 en un 12%, posicionándose nuestro país como el 3º productor europeo y el 8º mundial, con un nivel de producción de 2,5 millones de unidades, facturando alrededor de 32.000 millones de euros. Por otro lado, el sector de los componentes nacional ocupa el 6º puesto en el mundo en facturación con 29.979 millones de euros en 2008, después del pico alcanzado en 2007 con 32.873 millones de euros (58% del mismo en exportación).

Mirando hacia atrás, se puede decir que Europa se encuentra en un proceso de mejora general del sector transporte. Las políticas aplicadas hasta el presente han contribuido a un sistema de movilidad comparable en eficiencia y eficacia al del resto de las regiones del mundo más avanzadas económicamente. Además, se pueden constatar progresos en la reducción de la contaminación atmosférica y en la siniestralidad vial en los últimos años (mejora que lidera España a nivel de la Unión Europea con un 51% de mejora entre 2001 y 2009¹). La calidad del aire de las ciudades europeas ha mejorado de manera importante gracias a la aplicación de normativas sobre emisiones, cada vez más rigurosas. Sin embargo, las medidas tomadas son insuficientes con vistas a reducir las emisiones hasta los valores deseados. Por otro lado, el desarrollo de las infraestructuras del transporte ha dado lugar a la pérdida de hábitats y a una fragmentación del paisaje, hechos perfectamente captados por la opinión pública.

■ 1- Siniestralidad Vial España 2009 DGT

A pesar de los avances, ni el sistema de transporte europeo ni el mundial han conseguido todavía una senda sostenible. En efecto, hoy en día, este sector supone el 19% del uso global de la energía y el 23% de las emisiones de CO₂ relacionadas con ella. Además, según las previsiones de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), la utilización de la energía en el transporte y sus emisiones experimentarán un crecimiento constante de hasta el 50% para el año 2030 y más del 80% para el año 2050². Esta misma organización considera que la demanda de petróleo aumentará un 0,8% de media anual hasta el año 2035³, produciéndose prácticamente la totalidad de este crecimiento en el sector transporte y viniendo de países no pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

A nivel de la Unión Europea, la tasa de crecimiento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), respecto a los niveles de 1990, no ha sido tan alta en ningún otro sector como en el transporte. Analizando las últimas tendencias, puede verse que este sector ha aumentado considerablemente su actividad, sin registrar progresos suficientes en la reducción de su intensidad energética y de GEI mediante el cambio a fuentes energéticas más limpias. Además, aún depende hasta un 97% de los combustibles fósiles, lo que también repercute negativamente en la seguridad del suministro energético. Aunque se han adoptado recientemente medidas para mejorar la calidad de los combustibles, así como un objetivo vinculante de una cuota del 10 % de fuentes de energía renovables en el sector del transporte para 2020, dentro del «Paquete sobre Energía y Cambio Climático»⁴, el medio ambiente sigue siendo la principal área del transporte en que son necesarias nuevas mejoras.

Para afrontar este escenario no sostenible, el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) aconseja reducir las emisiones globales de gases efecto invernadero al 50% para el año 2050. En la consecución de este objetivo, vista la importancia relativa del transporte y las previsiones disponibles, éste sector jugará un papel importante, por lo que se deben de acometer las acciones necesarias para que se mueva definitivamente hacia una actividad de bajas emisiones en carbono.

Además, cabe destacar el importante impacto ambiental que genera el transporte por carretera en la calidad del aire, siendo el principal emisor de NO_x y una fuente importante de material particulado y otros contaminantes locales.

La Unión Europea ha definido unos objetivos ambiciosos de política energética para el 2020 como una etapa hacia otros más exigentes para el 2030 y el 2050, en la búsqueda

2- Transport, Energy and CO₂: Moving towards sustainability, IEA/OECD, 2009

3- Escenario de políticas actuales del World Energy Outlook 2010, IEA/OECD, 2010

4- http://ec.europa.eu/clima/policies/brief/eu/package_en.htm

de una economía baja en carbono, que transformará, en el medio y largo plazo, los sistemas energéticos europeos. En el proceso para la consecución de estos objetivos, la evolución del precio del petróleo será determinante para definir el contexto y la presión bajo la cual se buscarán. También el precio de la energía, y por tanto del transporte, influirán en las tendencias que se creen y desarrollen en este sector y en cómo entren en el mercado las distintas nuevas tecnologías del transporte.

La pregunta es si la presión de las políticas de sostenibilidad y energéticas en el futuro va a ser lo suficientemente influyente para conseguir el éxito en este proceso.

2. Las políticas

Las políticas de energía, medio ambiente y transporte están fuertemente relacionadas, en particular por el hecho de que, como se ha dicho más arriba, el transporte es un gran consumidor de energía y un gran generador de gases de efecto invernadero.

Como consecuencia de las graves perturbaciones del suministro del gas proveniente de Rusia a la Unión Europea en los años 2006 y posteriores, la UE comenzó un proceso de toma de importantes decisiones al más alto nivel para el desarrollo de una política energética, en particular en términos de mercado interior y energías renovables. Así pues, se generó el Plan de Acción 2007-2009 que ha conducido al mencionado "Paquete sobre Energía y Cambio Climático", el llamado "20-20-20", y se han adoptado una serie de instrumentos legislativos entre los cuales caben resaltar, por su interés para el área de las tecnologías energéticas, las hojas de ruta para las Energías Renovables, el Plan Estratégico de Tecnologías Energéticas (SET Plan), la Directiva de Energías Renovables y una propuesta para la financiación del SET Plan.

Los objetivos de política energética definidos por la Unión Europea solo se podrán cumplir con una importante aceleración de la generación y el despliegue de las tecnologías bajas en carbono y con una importante dosis de colaboración internacional, en particular en el contexto europeo. Esto bajará los costes y permitirá alcanzar las capacidades de generación de las tecnologías energéticas en línea con el tamaño de los mercados globales que los Países miembros no pueden conseguir por si solos. Por este motivo, se ha desarrollado el mencionado Plan Estratégico de Tecnologías Energéticas (SET Plan)⁵, como un instrumento que ayude a aglutinar los esfuerzos de desarrollo e implementación de estas nuevas tecnologías a nivel europeo.

■ 5- Plan estratégico europeo de tecnología energética (SET Plan): <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0723:FIN:ES:PDF>

Es importante referirse al hecho de que, a partir de 2013, la UE va a iniciar una nueva fase en la política de reducción de gases de efecto invernadero al entrar en vigor la Directiva 2009/29/CE⁶ sobre energías renovables. El sector energético, y el transporte como un componente importante, se va a ver particularmente afectado e inmerso en el proceso, ya iniciado, del cambio hacia una generación menos contaminante y más eficiente. Esto es algo que debe poder incorporarse a la planificación energética y a la introducción y desarrollo de nuevas tecnologías. La nueva Directiva establece objetivos nacionales vinculantes para la participación de renovables, incluyendo 10% para el sector transporte, en 2020 y requiere planes de acción nacionales. A esto hay que añadir que antes del Plan de Acción de Energía 2007-2009 ya mencionado, la Comisión adoptó en 2006 el Plan de Acción Europeo para la eficiencia energética⁷ que contenía alrededor de ochenta medidas a desarrollar a partir de entonces con un importante contenido en el sector del transporte. Posteriormente la Comisión anunció asimismo la revisión de dicho Plan para finales de 2009.

En particular para el transporte, la Comisión Europea publicó en 2001 un Libro Blanco⁸ en el que fijaba una serie de políticas en esta materia hasta 2010. Este programa se actualizó en su revisión intermedia de 2006 y, tras un proceso de consulta pública que se cerró el 30 de septiembre de 2009, se culminó con una conferencia a finales del mismo año de cara a la creación del Libro Blanco del Transporte en 2010. Este documento está actualmente en preparación y tiene como reto promover una profunda transformación del sector del transporte en la UE buscando la independencia del petróleo, creando infraestructuras más modernas y adoptando un nuevo concepto de "movilidad".

La Comisión aclara que todo objetivo para el futuro buscará establecer un sistema de transporte sostenible que satisfaga las necesidades económicas, sociales y ambientales de la sociedad y contribuya a conseguir una sociedad no excluyente y una Europa plenamente integrada y competitiva.

Las tendencias actuales y los desafíos futuros apuntan a la necesidad de satisfacer una demanda creciente de «accesibilidad» en el contexto de una preocupación cada vez mayor por la sostenibilidad. Las prioridades más inmediatas resultan ser la mejor integración de los diversos modos de transporte con vistas a mejorar la eficiencia global del sistema y la aceleración de la creación e implantación de tecnologías innovadoras, todo lo cual se ha de hacer manteniendo a los usuarios y trabajadores del transporte, con sus necesidades y derechos, en el centro de la formulación de estrategias.

6- Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:01:ES:HTML>

7- Plan de acción para la eficiencia energética: realizar el potencial (2007/2106 (INI)): <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A6-2008-0003+0+DOC+XML+V0//ES>

8- La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad: http://ec.europa.eu/transport/strategies/doc/2001_white_paper/lb_com_2001_0370_en.pdf

Contribuir a los objetivos de la política europea de medio ambiente y reducir las consecuencias del transporte en el entorno implica avanzar hacia el cumplimiento de objetivos tales como reducir el consumo de recursos no renovables. Las repercusiones ambientales indeseadas de las actividades de transporte exigirán nuevas medidas, especialmente en relación con el ruido, las emisiones de contaminantes atmosféricos y las emisiones de gases de efecto invernadero. El Derecho Comunitario ya fija requisitos en muchos de esos ámbitos tales como la calidad de los combustibles o los estándares de emisión en vehículos nuevos, los cuales habrá que re-evaluar y actualizar en el futuro.

Según diferentes expertos (ERTRAC⁹, CLEPA¹⁰, EARPA¹¹, ERTICO¹², EUCAR¹³, EPoSS¹⁴, etc.), la situación presente lleva a una transición inevitable del transporte rodado hacia nuevas soluciones y en particular a la propulsión eléctrica. Sin embargo, esto supondrá un importante cambio en la mentalidad no sólo de los consumidores, sino también en la de los modelos de actividad empresarial y, sobre todo, en las tecnologías involucradas, que requerirá un gran esfuerzo en términos de I+D+i. Las prioridades de investigación, en todos los campos relativos a la consecución de dicha transición, tendrán que encaminarse hacia una estrategia común de acciones conjuntas que involucren tanto a los agentes públicos como a los privados. En este contexto, surge la necesidad imperiosa de desarrollar vehículos más eficientes desde el punto de vista energético a través del aumento de la eficiencia en el uso de los combustibles, del incentivo del uso de los bio-combustibles y la promoción de la incorporación al mercado de las nuevas tecnologías de los vehículos híbridos y eléctricos, así como de los vehículos de hidrógeno y pilas de combustible.

Teniendo en cuenta el tiempo necesario para proceder al cambio, hacen falta estrategias a largo plazo que ofrezcan garantías a los diversos participantes en el mercado. Al proyectar el futuro del sistema de transporte deberían considerarse todos los elementos de sostenibilidad, lo que afecta al funcionamiento de los medios de transporte (emisiones, ruido) y a la creación de la infraestructura (uso del suelo, biodiversidad), y no olvidando los aspectos industriales y de competitividad.

En España, el transporte por carretera es el responsable del 80 % del total del consumo de carburantes y de éste, el 40 % corresponde al automóvil privado. Además, la cifra del transporte por carretera corresponde al 15 % del consumo nacional de energía. Esto equivale al 30 % del total de las emisiones antropogénicas de CO₂ en España, aumentando a

9- European Road Transport Research Advisory Council

10- European Association of Automotive Suppliers

11- European Automotive Research Partners Association

12- Intelligent Transport Systems and Services for Europe

13- European Council for Automotive R&D

14- European Technology Platform on Smart Systems Integration

un ritmo muy superior al resto de sectores. El transporte urbano suma el 40 % de las emisiones de CO₂ y el 70 % de los contaminantes procedentes del transporte por carretera. Por estos motivos, tal como se ha indicado en la introducción, este trabajo se dedica a tratar fundamentalmente el transporte por carretera por su muy superior implicación en las preocupaciones energéticas en comparación con los otros modos de transporte.

3. ¿Es España diferente?

España, como País miembro de la Unión Europea, participa en el diseño de políticas europeas, que obligan por igual a todos los países que la componen, y establece las estrategias necesarias para su implementación en función de sus capacidades. Sin embargo, su tejido industrial, social, o sus intereses particulares pueden ser diferentes de los de otros Países miembro. Es bien conocido que España, siendo una de las grandes productoras europeas de vehículos, con la implantación en nuestro territorio de muchas fábricas de producción de las principales marcas mundiales, no posee una empresa de sistemas de capital nacional, lo que reduce su capacidad de decisión en este área, en particular en cuanto hacia dónde deben ir los nuevos cambios.

Sin embargo, en la industria de componentes es diferente, ya que existe una fuerte presencia de empresas netamente nacionales en este sector. Sector de componentes que es el tercero de Europa, con una tasa de crecimiento anual del 6 % desde 1993, que marcó un récord de producción en el 2007, con 32.873 millones de euros, dio empleo a más de 245.000 personas y exportó más del 50 % de esta producción. Nuestro sector de componentes consta de 1.000 compañías entre pequeñas y medianas empresas, hasta grandes compañías internacionales. Dicho sector muestra una gran capacidad de innovación y cuenta con una importante presencia industrial a nivel internacional derivada del hecho de que 19 empresas españolas tienen plantas de producción en 16 países.¹⁵

Está claro, visto lo anterior, y en particular en esta situación de crisis económica con grandes niveles de paro que sufre España, que la política industrial (así como la de empleo y otras muy relacionadas) va a ser un elemento importantísimo en todo proceso de cambio del sector del transporte y que, como en todo caso real, la confluencia de varias políticas puede, por una parte, alumbrar y orientar positivamente el cambio o, por otra, enturbiar, confundir o enmascarar los objetivos a conseguir y los mensajes a los actores principales del proceso. En este caso –en el que muchas políticas afectan al cambio deseado, tanto la política energética, la política industrial, de empleo y muchas

■ 15- Fuente: Nuevos combustibles y tecnologías de propulsión: Situación y perspectivas para automoción. Noviembre 2008. FITSA

otras— la evaluación de impacto de las políticas y de las decisiones que éstas implican (durante todo el ciclo de generación y de implantación), así como la comparación de opciones, es un ejercicio fundamental e ineludible que debe realizar la Administración y que se debe hacer de forma transparente, presentándolo a la opinión pública en un proceso que permita su entendimiento y su posible aceptación. Es importante pues para afrontar cualquier cambio, disponer de la visión global del problema, conocer las incertidumbres existentes, establecer la claridad en los objetivos y la identificación e información completa sobre los actores principales de este cambio: es decir, una visión holística de la temática

4. Crecimiento y sostenibilidad del modelo actual: un diagnóstico aproximado

El transporte es un sistema complejo que depende de múltiples factores, tales como el patrón del consumo y de los asentamientos humanos, la organización de la producción y la existencia de infraestructuras e, inevitablemente, de su coste. Por tanto, el futuro del transporte va a depender en gran parte de cómo será el desarrollo de las nuevas formas de vida y trabajo de los ciudadanos, de cómo serán las ciudades y comunidades donde llevan a cabo sus actividades, de la evolución de la demografía, del deseo de viajar de los mayores cada vez más numerosos, y de las condiciones del entorno en las que se desenvuelven sus vidas (políticas nacionales, internacionales, retos y riesgos reales o percibidos por los ciudadanos, del coste de la energía, etc.). Debido a esta complejidad, cualquier intervención en el sector del transporte debe basarse en una visión a largo plazo de la movilidad sostenible de personas y mercancías, identificando muy bien los actores del cambio y los incentivos para que esto ocurra, especialmente porque las políticas de carácter estructural tardan mucho en ejecutarse y deben planearse con gran antelación.

España es un país que tiene una gran parte de su población concentrada en núcleos urbanos y periurbanos, con una densidad media de 5.000 habitantes/km² en ciudades de más de 750.00 habitantes, como Sevilla, Bilbao y Valencia, frente a los 3.500 habitantes/km² de la Unión Europea. Además se prevé un crecimiento importante de la urbanización en los próximos 30 años. Por otra parte, el tamaño del país es grande y, en particular, la distancia entre núcleos urbanos. Estos hechos hacen que las soluciones para nuevos vehículos deban tener en cuenta, entre otras muchas cosas, las necesidades de autonomía de los nuevos vehículos que el mercado pueda absorber y que las tecnologías puedan ofrecer. Así, hoy en día el vehículo eléctrico enchufable de baterías recargables es ya suficientemente apto para su uso en desplazamientos urbanos y periurbanos, que representan más de la mitad de la movilidad de personas y mercancías, siendo en esta movilidad donde debería focalizarse su introducción, ya que no parece realista pensar que los ciudadanos

van a decidirse por la compra de dos nuevos vehículos para afrontar sus necesidades de movilidad personal, cuando una tecnología existente les resuelve ese problema con un solo vehículo de tecnología más que probada y a precios más bajos.

Como se ha dicho más arriba, el precio del petróleo va ser determinante para definir la necesidad del ciudadano a cambiar su modelo de trabajo y movilidad. Pero la predicción sobre la evolución del precio del petróleo es extremadamente difícil de hacer de forma fiable, como se ha demostrado en numerosas ocasiones. La AIE, en su publicación "Energy Technologies Perspectives 2010", apunta que una economía basada en los combustibles fósiles finitos verá comprometida su competitividad ante el previsible crecimiento tendencial que experimentarán los precios del petróleo, y más aún teniendo en cuenta el impacto de los precios de CO₂ esperado. Para 2020, la AIE predice un precio del petróleo de 100\$ el barril y subiendo a 120\$ para el año 2030 en un escenario de no cambio de las políticas presentes. Sin embargo, este incremento de los precios se podría ver mitigado por la aplicación de políticas ambientales orientadas a alcanzar el escenario 450 ppm de la AIE (que contempla importantes medidas adicionales para limitar el incremento de la temperatura a 2° C), debido a la reducción de demanda asociada a su implantación. En este caso, apunta a un precio de 90\$/barril constante para los años 2020 al 2030 al que habría que añadir la influencia del precio del CO₂, 21\$/barril para el año 2020 y de 43\$/barril para el año 2030.

La búsqueda de la sostenibilidad es un motor generador de nuevos negocios. Se puede apostar sin temor a equivocarse por el desarrollo continuado y fuerte de la conciencia social y del sentido de responsabilidad "verde" en los próximos años, que acompañará a la responsabilidad social corporativa de las empresas que incorpora ya estos principios, aunque está por evaluar el valor de la resistencia a este cambio por la difícil situación económica que buscará defender acciones exclusivamente en apoyo de la competitividad y el empleo a corto plazo.

En la generación e implementación de las nuevas tecnologías energéticas bajas en carbono, el sistema de transporte sufrirá cambios sustanciales no solo debido a la presión del necesario proceso de innovación, sino también a la mayor liberalización conseguida del mercado. La competitividad de la economía de la UE y la fortaleza de las empresas de transporte, incluidas las de fabricación de vehículos, dependerán de su capacidad de desarrollar soluciones innovadoras para adaptarse a las nuevas necesidades del mercado. La competencia y la innovación han tenido repercusiones positivas en el mercado de trabajo del sector del transporte. No obstante, los procesos de cambio futuros ofrecerán ajustes a un contexto económico y energético radicalmente distinto por lo que es importante velar por prever y gestionar correctamente ese ámbito, de manera que las nuevas condiciones también sean fuente de nuevos empleos.

La enorme competencia que los países emergentes imponen actualmente sobre los países desarrollados exige de éstos el mantener economías con un mercado de trabajo con gran valor añadido en el cual la innovación y el cambio tienen cada día una mayor importancia. La necesidad del cambio continuo se hace cada vez más patente y la búsqueda de sistemas de vida y de trabajo más eficientes será una constante si estos países quieren mantener su distancia competitiva con los países emergentes. Por lo tanto, la evolución hacia nuevos sistemas de vida basada en la utilización de nuevas tecnologías y nuevos métodos de trabajo se hará cada vez más acelerada y creará una demanda de nuevas tecnologías y de formas de hacer en la que el proceso hacia una economía descarbonizada parece puede encajar muy bien, siempre que el proceso de innovación sea lo suficientemente eficiente y tenga la financiación necesaria. Adicionalmente, la incorporación de la electricidad como fuente para el transporte mejorará, en condiciones particulares, la eficiencia de las redes de generación y distribución eléctricas; oportunidad que debería aprovecharse a través de una adecuada gestión de la demanda para la cual las tecnologías de la información y comunicación (TICs) ofrecen actualmente soluciones técnicas adecuadas

De cara al futuro, el previsible mayor coste del transporte implicará una menor ventaja competitiva de los países en desarrollo alejados de los mercados fuertes. Además, el movimiento de bienes y personas será menos favorecido. También se debe apuntar a la posibilidad de la imposición de tarifas de los países desarrollados sobre aquellos en vías de desarrollo que no consideren el CO₂. Está claro que la dirección que llevará todo desarrollo será el de buscar una mayor calidad de vida de la sociedad, mejorando la movilidad de sus ciudadanos y la seguridad. A su vez, la mejora medioambiental, con la reducción de las emisiones de GEI, contaminantes locales y ruido, la mejor utilización de los recursos y un uso importante del reciclado, se hará siempre buscando una mayor competitividad, además de un incremento del empleo a través del crecimiento económico. La electricidad y el hidrógeno, al poderse obtener de muy variadas fuentes de energía, favorecen una mayor independencia energética, comparados con el petróleo.

La 16ª Conferencia de las Partes sobre el Cambio Climático de Naciones Unidas (COP 16), celebrada en Cancún, ha acabado con acuerdos más ambiciosos de lo previsible, consiguiendo el consenso de toda la comunidad internacional (excepto Bolivia) para “reducir conjuntamente las emisiones de gases efecto invernadero entre un 25% y un 40% en el año 2020 (con respecto a 1990)”. Los compromisos de reducción de emisiones recogidos hasta la fecha, sitúan la reducción global en el 13-17%, aún lejos del 25-40% que se ha aceptado, por lo que en los próximos meses deberá negociarse cómo se reparte el esfuerzo complementario que es necesario. Respecto al año 2050, en el Acuerdo de Cancún se sugiere mantener el aumento de la temperatura global por debajo de los 2 grados centígrados y considerar bajar la meta a 1,5 grados si el avance del conocimiento científico así

lo recomienda. Aunque no se incluyen objetivos de reducción de emisiones concretos para ese año sí se emplaza a la comunidad internacional a empezar a elaborarlos. En este sentido, los expertos reconocen que no superar la meta de los 2°C supondría que las reducciones globales de gases efecto invernadero alcanzasen el 50%, con respecto a las emisiones de 1990, para lo cual, los países desarrollados tendrían que reducir sus emisiones entre un 80 y un 95%.

Haciendo un cálculo aproximado para el caso español y considerando que las emisiones en 1990 fueron de 289 Mt de CO_{2eq} y las del 2007, antes de la crisis, fueron de 447 Mt (42% sector industrial y 57,5% sectores difusos), si este nivel de emisiones vuelve a alcanzarse en 2015, una vez superada la crisis, se podrían alcanzar los 500 Mt en el 2050. Para reducir las emisiones en los porcentajes mencionados en 2050, aplicándolos directamente al caso español sin tener en cuenta el necesario reparto de los compromisos, éstas habrían de ser menores de 60 Mt. Con las expectativas españolas sobre generación eléctrica a partir de energías renovables, en el 2050 se podría lograr que entre 60 y 70% de la electricidad generada fuera de origen renovable –si para entonces los sistemas eficientes de acumulación de energía están desarrollados– pero traduciendo esto a energía primaria y a emisiones de CO₂ no se llegaría más allá del 50%. La pregunta de dónde van a salir las reducciones de CO₂ adicionales necesarias, es pues pertinente. Además de otros programas de eficiencia energética, de Captura y Almacenamiento de Carbono (CCS), de energía nuclear, etc., será necesario reducir buena parte de las emisiones actuales del sector transporte mediante la electrificación de dicho sector e intensificar el uso, en primera instancia, de biocombustibles y, en segunda, del hidrógeno, especialmente en el tráfico pesado y de larga distancia.

De aquí la necesidad de impulsar el cambio de modelo en el transporte (en particular en el transporte por carretera) e intensificar los programas de I+D tendentes a la mejora de la eficiencia de los motores, a alargar la vida de las baterías, reduciendo su coste, y a desarrollar la capacidad de una mayor producción y uso de biocombustibles e hidrógeno.

5. La innovación en el transporte

Pero para el cambio, la incorporación de nuevas tecnologías eficientes y competitivas al mercado debe ser un hecho real y para esto el funcionamiento de los sistemas de innovación va a ser determinante en este proceso. A continuación se presentan algunos datos de la situación de la innovación en el sector del transporte en España.

Conocer con rigor esta situación no es sencillo por un doble motivo: primero, por su confusa definición en las estadísticas oficiales y, segundo, por la dificultad de distinguir entre

lo que es la innovación generada por las empresas del sector de aquella otra producida por otros agentes y empresas y “consumida” o “integrada” por las empresas del sector. Con el fin de aclarar en lo posible esta dicotomía, las reflexiones siguientes se refieren, por un lado, a los datos de las innovaciones de las empresas del sector transporte para, a continuación, ofrecer otros datos referidos a la tecnología integrada, particularmente la procedente del subsector auxiliar de la industria del automóvil¹⁶.

En relación a la generación directa de innovaciones, el porcentaje de *empresas que se declaran innovadoras en el sector de transporte*, según la Encuesta de Innovación, es de 15,82%, lo que se sitúa por debajo de la media de lo correspondiente para toda la economía (17,84 %) y del sector servicios en general (17,34 %). Al mismo tiempo, la Intensidad Innovadora (Gastos en innovación en porcentaje de la cifra de negocios) es del 0,89 %. También este parámetro está por debajo de la media nacional (1,39 %) y de la media del sector servicios (1,49 %). Sin embargo¹⁷, complementariamente al estudio de los datos referidos exclusivamente a la I+D, se infiere que, de los gastos totales, el 33,8% se refieren a la compra de servicios externos, cuando en total nacional este porcentaje es del 20,9%. En resumen, pocas empresas innovadoras, con una intensidad de su esfuerzo relativamente reducida y donde la externalización de la I+D está más extendida que en el resto de actividades económicas.

No obstante, si se mide el *porcentaje de la cifra de negocios 2008 debido a servicios que fueron novedad en el mercado*, el valor para el sector de transporte es de 15,48 %, mientras que en el total de la economía es del 9,89 % y para los servicios es de 7,88 %. Puede así afirmarse que el impacto económico que tiene la introducción de innovaciones en el sector es considerable.

Los datos de patentes nos aproximan a otro aspecto del esfuerzo tecnológico: *el nivel de desarrollo de tecnologías para el transporte*, con independencia de si se producen por empresas de este sector o por otro agente privado o público de otros ámbitos. Pues bien, en el periodo 2000-2006, las patentes españolas en transporte fueron un 9% del total de las patentes mundiales en esas tecnologías. Si se compara con el dato de que el total de patentes españolas en todas las tecnologías fue de un 1% mundial, cabe afirmar que España presenta un perfil positivo de especialización tecnológica en el campo de las tecnologías para el transporte.

16- Los datos más generales se han obtenido de las siguientes fuentes: Encuesta de Innovación de las Empresas Españolas y Estadísticas de I+D, procedentes del INE para el año 2008; en ambos casos los indicadores se refieren al sector Transporte y almacenamiento (CNAE 49 a 53). Complementariamente se han incorporado los datos de patentes de la WIPO (World International Patent Office).

17- Esta situación de escaso esfuerzo no difiere sustancialmente de la de otros países de la UE, como se puede comprobar analizando las estadísticas de Eurostat.

Como se señalaba, es particularmente importante conocer cuál es la situación en el subsector de fabricación de componentes para la industria del transporte por carretera¹⁸. Los cuadros recogidos en el apéndice I permiten resumir esa situación.

La magnitud absoluta del esfuerzo innovador en la industria de componentes se puede conocer de la siguiente manera:

- De las 1.149 empresas analizadas, se han encontrado datos de actividad en I+D en 152 de ellas, es decir el 13,23%. Ese porcentaje aumenta en las empresas de mayor tamaño, alcanzando cerca del 40% para las empresas con más de 200 empleados en tanto que para las empresas de menos de 10 empleados el porcentaje es inferior al 1%.
- Si incluimos otras actividades innovadoras distintas de la I+D, el número de empresas aumenta hasta el 376, es decir un 32,46% del total. Al igual que antes, en las empresas de más de 200 empleados, la ratio sube hasta el 82,4%, mientras que para las empresas de menor dimensión desciende al 1,53 %.
- El esfuerzo innovador, medido por los gastos en I+D respecto al valor añadido supone un 7,80%. En este caso, el tramo más sobresaliente es el de empresas entre 51 y 200 empleados donde la ratio es de 10,97%, en tanto que en las empresas más pequeñas desciende al 0,80%.

En la Tabla 1, se compara el peso de la industria de componentes en cuanto a las variables económicas de empleo y valor añadido con su peso en cuanto a las actividades en I+D mencionadas. Puede afirmarse que, este último, es superior a su representación económica e, igualmente, que la intensidad en I+D del colectivo seleccionado también supera nítidamente el realizado por el conjunto de la industria del país e incluso el llevado a cabo por las empresas pertenecientes al sector de material de transporte, principal demandante de los productos del sector de componentes. Es decir, los avances tecnológicos en el macro sector de transporte tienen en el subsector de componentes un elemento muy destacable que debe ser contemplado en cualquier estrategia de fomento de la innovación en general y en el uso de la energía en particular.

En síntesis, la situación respecto a la innovación se caracteriza por un escaso esfuerzo inversor en tecnología por parte de las empresas del sector, claramente mejorable, que

18- Aquí las dificultades para encontrar datos estadísticos disponibles de manera directa son casi insuperables, por lo que se ha tenido que buscar la información a nivel de cada empresa para tener una aproximación a la realidad de su actividad innovadora. En concreto, partiendo del listado de empresas del sector proporcionado por SERNAUTO (Asociación Española de Fabricantes de Equipos y componentes para Automoción) en su página web, se han buscado los datos de gastos en tecnología de cada una a partir de la Base de datos SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos). A partir de la agregación de esos microdatos, se ha podido hacer una aproximación plausible a la realidad innovadora del sector de componentes.

convive con una importancia notable de las innovaciones una vez que se producen, lo que es un estímulo adicional a la promoción del esfuerzo innovador, y con un elevado consumo de innovaciones producidas por otras empresas o instituciones y donde la posición española presenta aspectos más positivos que pueden servir de base para una actuación integrada en el macrosector.

Tabla 1: Peso del sector en la industria: I+D y empleo. 2005-2007

Unidades: millones de euros - miles de empleos

	Gasto I+D		Empleo		Valor Añadido (VA)		
	Total	% Industria	Total	% Industria	Total	% Industria	% Gasto I+D/VA
Total Industria	3.586,08		2.895,10		132.164		2,71
Material de transporte	632,58	17,64	289,17	9,99	14.089	10,66	4,49
Fabricación de componentes	325,04	9,06	105,55	3,65	4.168	3,15	7,80

Fuentes: INE, Contabilidad Nacional y Estadística sobre actividades de I+D y SABI.

Nota 1: total industria corresponde con industria manufacturera según la clasificación nacional de actividades económicas del Instituto Nacional de Estadística (INE)

Nota 2: las cifras contenidas en esta tabla, referidas a la actividad de I+D de las empresas, se han obtenido mediante la agregación de los datos de cada empresa disponibles en la base de datos SABI, que utiliza como fuente primaria los balances de las empresas. Por tanto, los valores absolutos no deben compararse directamente con los que puedan proceder de otras fuentes cuyo método de cálculo sea distinto.

También debe valorarse la capacidad de nuestra industria de componentes y módulos, de la que el 18,9% de las empresas son suministradores de primer nivel (Tier 1) para los constructores de marcas y el 21,8% son suministradores (Tier 2) de este primer nivel.

Igualmente una característica trascendente para valorar este sector es su posicionamiento tecnológico, es decir, el contenido tecnológico de sus productos. Un estudio de la Federación Española de Centros Tecnológicos (FEDIT) nos muestra que el 4,6% de las empresas del sector se sitúan con sus productos en el ámbito de la electrónica y el 16,6% en el ámbito de los equipos eléctricos. El vehículo eléctrico representa una oportunidad de negocio para la industria proveedora de los productos arriba citados.

CAPÍTULO II: RETOS PARA UNA INNOVACIÓN ENERGÉTICA AL SERVICIO DE UN TRANSPORTE EFICIENTE Y SEGURO

Como todo sector de la economía, el transporte está en evolución continua dentro del proceso de progreso e innovación natural en todo país desarrollado. Sin embargo, este proceso natural es lento para afrontar con la urgencia necesaria las exigencias que se han presentado en el Capítulo I: la excesiva generación de gases efecto invernadero, la todavía alta contaminación en las ciudades, la implicación de las infraestructuras en el hábitat de los ciudadanos de los núcleos urbanos, los objetivos de política energética y medioambiental, en particular el afrontar la enorme dependencia del exterior para el suministro de los combustibles fósiles, la necesidad de desarrollar aquellos sectores “portadores” de actividad económica en aras de la recuperación del empleo, etc.

Por tanto, la intervención pública está justificada con un rol estratégico y de liderazgo para alentar los cambios necesarios. La innovación en el área energética va a jugar un papel esencial en acelerar los cambios, por lo que se justifica, en particular, la incentivación y apoyo del proceso de generación y de incorporación de las nuevas tecnologías a los mercados.

La innovación energética en el transporte va a aportar nuevos productos (tanto combustibles como vehículos), va a desarrollar nuevos negocios, en particular, en apoyo al uso de los nuevos vehículos, fortaleciendo ciertos sectores industriales o debilitando o incluso haciendo desaparecer otros, a plazos más o menos largos. Es importante resaltar que la innovación en el sector del automóvil ha estado guiada por la disminución de costes del vehículo, la mejora en la eficiencia energética, la integración de mayores medidas de seguridad y por la cada vez menor vida de cada uno de los modelos que se lanzan al mercado.

La consecuencia de estos cambios (en periodos de tiempo largos) será muy amplia, influyendo en el suministro de las materias primas, las del presente y las del futuro, pasando por los componentes, los vehículos, la generación y distribución de la electricidad, las nuevas infraestructuras y nuevos servicios, así como por la generación de nuevos modos de movilidad, sin olvidar la industria del reprocesamiento y reciclado.

La generación de nuevos combustibles y vehículos (los híbridos, los eléctricos, los de pila combustible e hidrógeno) plantea retos industriales y comerciales a las compañías que

hoy día controlan el mercado. Los nuevos vehículos requieren componentes nuevos, aunque las tecnologías de tracción eléctrica son conocidas y experimentadas desde hace muchos años. La aparición de nuevas compañías ofreciendo los nuevos vehículos es una amenaza comercial a la industria del vehículo convencional, aunque es de todos conocido el apego del ciudadano a las marcas fiables y de buen nombre establecidas en el mercado, lo que dificultará la obtención de cotas importantes de mercado por parte de estas nuevas compañías.

Asimismo, la incorporación de la componente eléctrica en los vehículos exige la incorporación de las empresas dedicadas a la distribución y generación de energía eléctrica así como de las empresas dedicadas a la fabricación de baterías al nuevo negocio, aunque se sabe que la tecnología presente es insuficiente para las necesidades. La electrificación del transporte por carretera establece un nuevo vínculo entre el sector energético y el sector transporte, así como un interesante campo de servicios relacionados con la gestión de la movilidad eléctrica que vincule a las compañías de suministro y operadores de red con los fabricantes y usuarios de los automóviles. Este planteamiento sólo es viable si se desarrollan nuevas soluciones de rutas de energía y potencia desde la generación de energía, vía una infraestructura de red eléctrica, hasta el vehículo individual y, particularmente, sus acumuladores. También requiere la integración de los vehículos eléctricos con los modos existentes de transporte en un único sistema. La innovación en componentes y el desarrollo de tecnologías de la información y comunicación (TICs) será imprescindible en todos los vínculos de unión entre sectores y dentro de los mismos.

España tiene un adecuado sector eléctrico y energético para hacer frente al desarrollo de los vehículos eléctricos. De hecho, desde el punto de vista de infraestructura eléctrica, una sola empresa está actuando como operador del sistema de transmisión en todo el territorio nacional, mientras que dos compañías de distribución cubren casi el 80% del área. Esto podría asegurar un paso fácil hacia la estandarización de sistemas y componentes más fácilmente que nuestros socios comunitarios donde el número de operadores es mayor.

Hay una necesidad de desarrollo de tecnologías para estos vehículos, pero además, hay también una necesidad de establecer modelos de colaboración de sistemas de comunicación que conduzcan a una mayor eficiencia en el uso de la energía. La movilidad sostenible debe basarse no solamente en vehículos más limpios e inteligentes, sino en estrategias de vehículos conectados y eficiencia energética en todo el sistema. Se necesitan nuevos acuerdos de colaboración tecnológica en el futuro, especialmente en aquellos sectores que se están viendo vinculados cada vez más al vehículo: compañías energéticas, de infraestructuras y de TICs.

Los diferentes escenarios que entidades de prestigio (EUCAR, EARPA) han realizado recientemente sobre la ruta de entrada de los nuevos sistemas de propulsión, y en concreto sobre los vehículos híbridos y eléctricos, muestran que a corto y medio plazo, los vehículos híbridos tendrán un mayor desarrollo debido a que su tecnología está ya desarrollada y se ven favorecidos por las actuales políticas públicas, además permiten reducir el consumo y emisiones respecto a los vehículos convencionales. El principal desafío al que se enfrentan en los próximos años es rebajar su coste. Se prevé una fecha de consolidación hacia el 2015. La evolución de los vehículos eléctricos es similar a la de los híbridos, aunque con una posición menos desarrollada, ofreciendo menos prestaciones y una autonomía más reducida. El crecimiento del mercado de los vehículos eléctricos está lastrado fundamentalmente por el insuficiente nivel tecnológico de las baterías. Se prevé una fecha de consolidación hacia el 2020. A largo plazo, la utilización de las pilas de combustible proporcionará buenas características medioambientales y de rendimiento energético en los vehículos eléctricos. Podrían tener un desarrollo importante a partir de 2025-2030. Los motores de combustión interna seguirán siendo el principal sistema de propulsión en el año 2020, con relevantes avances tecnológicos respecto a su modo de realizar la combustión, motores de auto-encendido controlado (CAI) y de encendido por compresión de carga homogénea (HCCI). Asimismo, se prevé una cuota de mercado de un 10% de vehículos con combustibles gaseosos, gas natural (GNV) y gases licuados del petróleo (GLP) hacia el 2020.

El despegue del vehículo eléctrico en el mercado requerirá el aprovisionamiento de la infraestructura soporte y de su integración en un sistema completo de movilidad a gran escala. La adquisición de energía eléctrica para estos vehículos debería ser tan fácil como el llenado hoy en día en las estaciones de servicio. No debería haber barreras en el uso de diferentes instalaciones, proveedores, tarifas o tipos de estaciones de carga. Para este propósito, el concepto vehículo-red (V2R) combina una carga de potencia rápida con un sistema de pago inteligente. En este sentido, como se ha comentado, serán necesarias nuevas tecnologías de la información y comunicación (TICs) que hagan uso de los protocolos estándar para el intercambio de datos entre la infraestructura y el sistema de almacenamiento. Será necesario diseñar la tecnología de las estaciones de carga, la estandarización de conexiones, el proceso de carga rápida, los requerimientos de seguridad y el proceso de cobro según diferentes tarifas, dependiendo del origen de la electricidad cargada.

Una cuestión que se plantea desde la vertiente energética, es el peso que van a tener las preocupaciones medioambientales frente a las nuevas necesidades de seguridad, de confort, de competir en el mercado con bajos costes, así como de presencia en los nuevos servicios e infraestructuras. Parece razonable pensar que todo el proceso de cambio

debe analizarse para evaluar la verdadera eficiencia energética del sistema global de transporte con sus nuevos vehículos, servicios e infraestructuras, y para guiar y orientar los desarrollos de este proceso.

La colaboración internacional va a ser absolutamente necesaria para llevar al éxito este proceso de generación e introducción al mercado de nuevos vehículos, combustibles e infraestructuras, no solo por la complejidad y magnitud del esfuerzo de generación de las nuevas tecnologías sino por la necesidad imperiosa de la definición e implementación real de nuevas normas y estándares de carácter internacional. Existe en la actualidad una carencia notable de esta normativa y reglamentación para la interoperabilidad en las diferentes áreas, como la seguridad, el área técnica de interacción con la infraestructura, etc., para su utilización a nivel internacional con nulas o reducidas barreras técnicas

De hecho, uno de los principales retos a los que se enfrenta el sector incluye la falta de estandarización de componentes, tanto en el coche como en la batería, así como en la infraestructura de recarga, lo que dificulta generar economías de escala que abaraten los costes. Además, el éxito solo se conseguirá con la aceptación por parte del consumidor de la nueva situación, ya que éste es un importantísimo actor del cambio, y para conseguirlo, las plataformas europeas de información y generación de opinión parecen vehículos esenciales.

El sector se enfrenta también al reto del litio, material utilizado en las baterías de última generación, cuyas reservas se concentran en países geopolíticamente complicados como Bolivia y China. Por otra parte, el sector eléctrico en España, si bien no tendrá problemas en generar la posible demanda eléctrica, sí que los tendrá a la hora de evitar la saturación de la red local de distribución. Tal reto supone inversiones en nuevas tecnologías de gestión dinámica de la demanda, así como una regulación que permita nuevas formas de facturar, incluyendo la tarificación horaria y la capacidad de dar servicio a múltiples clientes desde el mismo punto de recarga público.

Es muy importante aclarar para todo el proceso del cambio y, en particular, para los sistemas de ayuda a la generación e implantación de las nuevas tecnologías, que el objetivo absoluto debe ser que el coste total final de estas nuevas tecnologías, incluido el de las infraestructuras necesarias, no requiera subsidios para competir.

La disponibilidad de los recursos humanos requeridos para el cambio, en particular con un nivel de formación técnica suficiente, es de una enorme preocupación. Este aspecto se ha resaltado en múltiples ocasiones y se vuelve a insistir en la necesidad de una acción energética a nivel europeo.

CAPÍTULO III: TECNOLOGÍAS PARA LA INNOVACIÓN ENERGÉTICA

1. Aproximación prospectiva

La situación energética y medioambiental anteriormente descrita está demandando un fuerte incremento de la utilización de los denominados combustibles no fósiles y de la eficiencia en el uso de la energía. Los combustibles fósiles se verán cada vez más complementados por alternativas renovables como la biomasa y las energías eólica y solar, así como por el uso de la energía nuclear y la captura y almacenamiento del carbono (CAC) en la producción eléctrica, como fuentes de energía para el transporte.

En la actualidad ya existen automóviles que funcionan con mezclas de biocombustibles y otros que se están desarrollando y que incorporan novedosos conceptos y complejos sistemas de propulsión como los vehículos híbridos, los híbridos enchufables, los vehículos puramente eléctricos y los de pila de combustible. Todavía existe campo de investigación necesario para explorar la mejor combinación entre tipo de combustible y concepto de vehículo para una aplicación y ciclo de conducción dados. Sin embargo, es importante resaltar la posible complementariedad de los diferentes sistemas y que aconseja realizar las labores de desarrollo de forma conjunta o con una visión global.

Como se ha comentado, es necesario realizar una valoración global de los factores que afectan a las emisiones de GEI, a los contaminantes locales y a la seguridad de suministro energético, realizando estudios del pozo al tanque y de ciclo de vida de la producción de materias primas y su reutilización. Al realizar el análisis de ciclo de vida de cada una de las tecnologías posibles se debe tener en cuenta una visión global. Es decir, es importante considerar la energía utilizada en la generación de las materias primas, en la fabricación de los vehículos y en su uso, pero también la utilizada en los procesos de reprocesamiento y tratamiento de los vehículos desechados y sus componentes hasta dejarlos en su estado definitivo o hasta su uso como nueva materia prima. Esto puede ser relevante en cuanto a la comparación de las diferentes soluciones en la aplicación de estas nuevas tecnologías (por ejemplo, en principio, el parque de baterías a reprocesar con la solución de recambio rápido de baterías usadas por otras cargadas es muy superior al de carga repetida de las originales).

En la Feria del Vehículo Ecológico celebrada en el IFEMA de Madrid, en mayo de 2010, se pudo observar la decidida apuesta de los fabricantes por poner en circulación sus modelos de vehículos híbridos, enchufables y puramente eléctricos, con lo que su impulso ha cobrado una relevancia sin precedentes en la última década. El debate sobre el cambio climático y la necesidad de desarrollar una economía sostenible, así como la subida prolongada del precio del crudo, han puesto una vez más sobre la mesa la necesidad de desarrollar tecnologías de transporte más eficientes y limpias, relacionadas directamente con el vehículo eléctrico.

Esta evolución del mercado se puso también de manifiesto en el Salón Mundial del Automóvil de París, celebrado en octubre de 2010, donde se expusieron catálogos de diferentes marcas con vehículos híbridos y eléctricos ya disponibles en el mercado, mientras que en la edición anterior de 2008 solo aparecían modelos experimentales o prototipos.

Diversos análisis de mercado indican que esta tendencia continuará impulsando la capacidad de producción de baterías y el desarrollo de las infraestructuras requeridas. La compañía de servicios de información J. D. Power and Associates ha publicado en 2010 el informe *"Drive Green 2020: More Hope than Reality"*¹⁹ donde analiza el mercado potencial de los vehículos eléctricos en los próximos años. De acuerdo con este estudio, en 2020 se venderán 5,2 millones de estos vehículos, tanto eléctricos de baterías como híbridos e híbridos enchufables, lo que supone el 7,3% de los 70,9 millones vehículos que se prevé vender en esa fecha. En 2010, el total se espera sea de 954.500, es decir el 2,2% de los 44,7 millones previstos.

Estas cifras dependerán del aumento del precio del petróleo, la aparición de tecnologías de ruptura que permitan reducir los costes y de mejores prestaciones que impulsen a los consumidores a su compra, así como de las políticas de los gobiernos que faciliten la adquisición de estos vehículos.

La cuestión es si estamos ante otro cambio pasajero o ante el comienzo de la transformación definitiva del sector transporte. El mercado está viviendo una actividad compulsiva con la aparición de nuevas marcas de vehículos (Tesla Motors, BYD, Think, etc.) y con la decidida aportación del sector del componente (Valeo, Panasonic, Continental, etc.) suministrando equipos para este nuevo mercado. Si, además, se observa el decidido apoyo de las diferentes administraciones, el crecimiento de este nuevo mercado se encuentra en una situación idónea. El vehículo eléctrico, más que una tecnología, es un nuevo modelo de negocio, cuyo futuro depende en gran medida de los incentivos, retos y oportunidades que se planteen para que todos los actores implicados estén alineados en un mismo interés.

19 http://businesscenter.jdpower.com/IDPACContent/CorpComm/pdfs/DriveGreen2020_102610.pdf

Es posible que el vehículo eléctrico deje de ser ya “un caso de amnesia estratégica y de eterna emergencia” y para ello debería reflexionarse según Michel Freyssenet (CNRS Paris) cuando analiza los cuatro factores que, a principios del siglo pasado, hicieron que una tecnología menos conocida que la eléctrica (motor de combustión) terminara imponiéndose:

- La crisis del sistema de transporte (tracción animal, principalmente) a principios del siglo XX y la urgencia de resolverla. Este factor parece darse en estos momentos con el motor de combustión.
- La aparición de soluciones para el transporte que combinan y adaptan innovación de otros sectores. Esta situación se dio con el motor térmico a principios del siglo pasado y hoy es evidente en las nuevas soluciones y, en particular, en el caso de la movilidad eléctrica, empezando por el propio motor eléctrico y las baterías y terminando con las tecnologías de información y comunicación.
- La coalición dominante de diversos actores que se evidencia, en el momento actual, al pensar en los consorcios de empresas de baterías, fabricantes de automóviles, compañías eléctricas, empresas de TICs, etc., que están dando lugar a nuevos modelos de negocio.
- Las políticas y las decisiones macro-económicas de la Unión Europea y de todos los países que impulsan al vehículo eléctrico, así como las posiciones cada vez más extendidas de los grandes grupos –y de los emergentes– del sector de automoción.

El núcleo de la electrificación del transporte por carretera es el vehículo eléctrico basado en la tracción eléctrica y los módulos y componentes que forman parte de ésta. Conceptos diferentes de turismos, camiones y autobuses son el principal objeto de las actuales actividades de investigación, como los sistemas de híbridos enchufables, que cuentan con un motor eléctrico que permite mayor autonomía en modo eléctrico que los híbridos no enchufables. Los vehículos puramente eléctricos, debido a su condición de emisiones cero en su punto de uso y menor potencial de emisiones de GEI dependiendo del origen de la electricidad, se consideran la opción más limpia y, por tanto, marcarán los hitos del transporte sostenible. Los híbridos *micro*, *mild* y *full* son un punto de entrada favorable en este proceso.

El Gobierno anunció en abril de 2010 un Plan Integral de Impulso al Vehículo Eléctrico con un objetivo ambicioso de lograr que haya 250.000 vehículos enchufables en España en 2014. El Plan Integral está diseñado con una Estrategia Global y dos Planes de Acción concretos para los periodos 2010-2012 y 2012-2014. Estos Planes de Acción materializan en políticas y medidas concretas los enunciados de la Estrategia.

El Plan 2010-2012 prevé unas inversiones de 590 millones de euros para lograr que haya 70.000 vehículos híbridos enchufables y eléctricos puros en España en 2012. Plan de

Acción que consta de 15 medidas: cuatro de estímulo a la demanda, tres de industrialización e I+D+i, cuatro de infraestructuras y gestión de la demanda, y cuatro de tipo transversal. Por sus características técnicas actuales y prestaciones, en particular por su autonomía eléctrica, el mercado natural del vehículo eléctrico puro será, en primer lugar, las flotas de servicios de movilidad urbana y, en segundo lugar, la movilidad privada en desplazamientos al puesto de trabajo en las ciudades.

Es difícil valorar si el nivel de esta inversión asegurará los cimientos que permitan en un futuro el desarrollo del vehículo eléctrico, tanto de su construcción como de las infraestructuras. Sin embargo, lo que cabría esperar del esfuerzo de las Administraciones Públicas es que se fijaran unos objetivos estratégicos a nivel nacional (potenciar el desarrollo industrial, reducir las emisiones de GEI, limitar la dependencia energética, etc.), a nivel autonómico (desarrollar determinadas áreas, paliar el empleo, etc.) y a nivel municipal (reducir la contaminación y ruido local, etc.), así como que se valorara si el vehículo eléctrico cumple con esos propósitos y, si es así, buscar la mejor manera de potenciarlo, pensando en todo momento que el usuario final será el ciudadano.

El desarrollo de proyectos de demostración de gran envergadura es una palanca importantísima para probar nuevas modalidades de movilidad sostenible. Se necesitan ecosistemas completos donde probar no solo las nuevas tecnologías (contando con las infraestructuras de recarga necesarias y los nuevos vehículos en funcionamiento), sino también la viabilidad de nuevos modelos de negocio, así como el convencimiento del usuario. La información continuada a la opinión pública de los progresos de estos proyectos es esencial. Las Administraciones públicas juegan un papel clave, no solo en incentivar económicamente el sector, sino también a la hora de facilitar que los diferentes participantes del mercado se pongan de acuerdo. Por esto, el seleccionar ciertas regiones o áreas metropolitanas, que están dispuestas a adoptarlas tempranamente y en las que se desarrollen e implementen estos macro proyectos, se considera inicialmente como un enfoque eficaz.

2. La electromovilidad

Efectivamente, la introducción masiva del vehículo eléctrico es un elemento que impacta en la seguridad del suministro, en la sostenibilidad ambiental (menos ruido, menos polución y, en función de cómo se genera la electricidad, puede suponer menos emisiones de CO₂) y en la competitividad de las economías europeas, reduciendo su exposición a la variación de los precios del petróleo y maximizando el uso y la penetración de las energía renovables.

La eficiencia energética (medida en términos de cantidad de energía mecánica aprovechada en el movimiento del vehículo en comparación con la energía total almacenada en el combustible) de un vehículo de combustión interna es muy baja. Por su parte, un motor eléctrico desarrolla una energía mecánica que puede llegar a ser el 80% de la energía almacenada en la batería. Teniendo en cuenta todo el conjunto de motor, transmisión y ruedas, se acepta generalmente una eficiencia del 65%. La eficiencia energética del motor eléctrico es, por tanto, muy superior a la del motor de combustión interna. Sin embargo, la producción, transporte y distribución de electricidad tienen sus propias ineficiencias que deben ser incorporadas para comparar adecuadamente los dos vehículos desde el punto de vista de consumo de energía primaria. Si la energía primaria fuera en ambos casos petróleo, el uso del coche eléctrico se traduciría en una reducción del 6% en el consumo de petróleo.

Figura 1: Eficiencia energética: vehículo motor combustión interna versus vehículo eléctrico con baterías

Vehículo Motor combustión interna		Vehículo Eléctrico con baterías	
Refinería	83%	35-58%	Central eléctrica
Transporte-Distribución		92%	Transporte-Distribución
Depósito-Ruedas	18-23%	65%	Batería-Ruedas
Total Refinería-Ruedas	15-19%	21-35%	Total Central-Ruedas

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La eficiencia de una Central Eléctrica oscila entre el valor de una central de carbón (35%) el valor de una central de ciclo combinado de última generación (58%). En el caso de que la fuente fuera renovable la eficiencia mejoraría hasta el 60%.

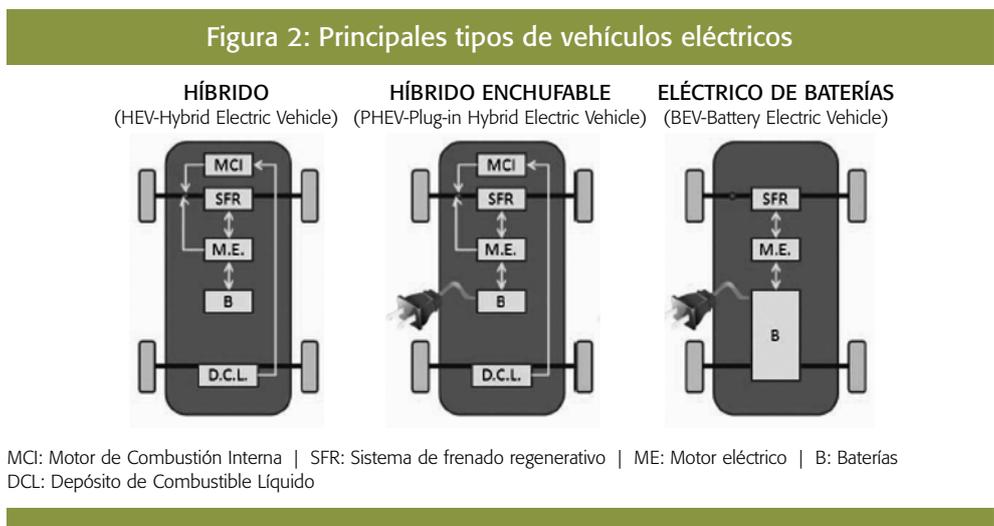
Considerando el mix de generación de energía eléctrica de cada país, la diferencia real será superior.

Estructuralmente, un vehículo eléctrico es muy parecido a un vehículo de combustión interna. La principal diferencia radica en la energía que utiliza para accionar un motor y cómo se almacena y repone ésta. Es decir, en lugar de un tanque para una capacidad de 60 a 90 litros de combustible líquido, se encuentra una batería recargable de diversa capacidad, de la que se tratará más adelante por ser el elemento clave en la introducción masiva y desarrollo de los vehículos eléctricos.

Antes de que empezase el impulso al vehículo eléctrico, la industria japonesa aportó la recuperación de la energía dinámica y su adecuada gestión dentro del vehículo, a través de la vieja filosofía de la "dínamo freno" con la incorporación obvia de la tecnología

microelectrónica. De esta manera, aparece el motor eléctrico incorporado al *power train* del vehículo, y se consolida esta tecnología de eficiencia energética cualquiera que sea la fuente energética exterior de la que se alimente el vehículo. Inmediatamente el vehículo híbrido empieza a optar también por baterías con electricidad de la red (híbrido *plug-in*).

Así de manera simplificada, pueden distinguirse tres tipos principales de vehículos eléctricos:



Fuente: WWF y elaboración propia

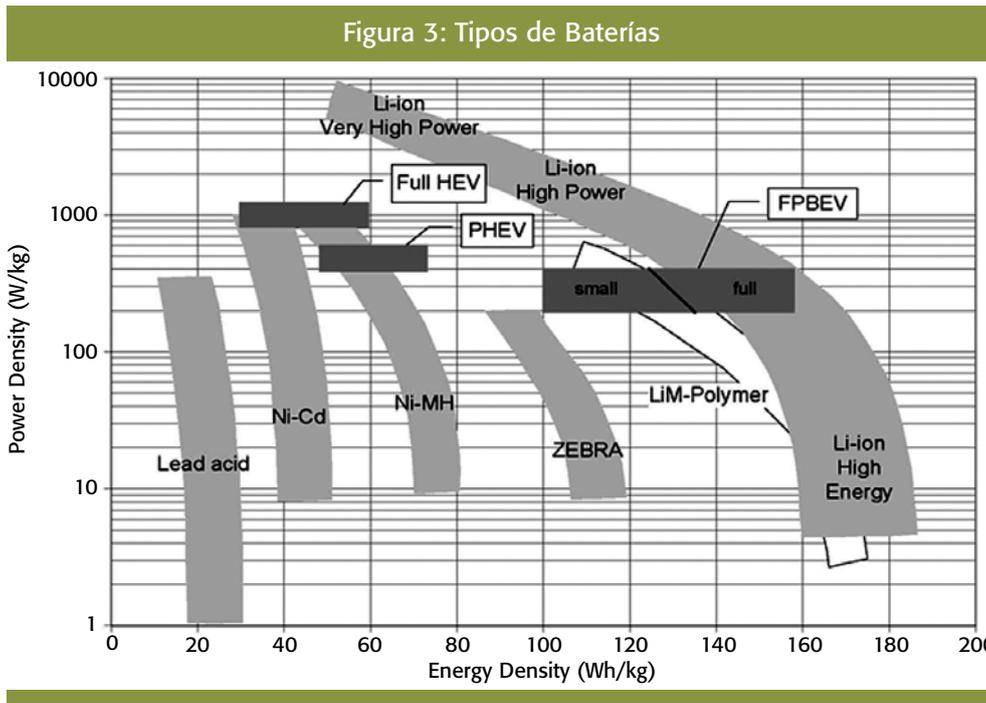
El vehículo híbrido obtiene la mayor parte de la energía motriz de la combustión interna del combustible de su depósito. El sistema de frenado regenerativo proporciona mejoras de eficiencia energética.

El vehículo híbrido enchufable cuenta con una batería de capacidad considerable (entre 5 y 16 kWh) que le permite desplazarse en modo eléctrico durante varios kilómetros (entre 20 y 60) consumiendo sólo la energía almacenada en la batería y, por tanto, sin tener que utilizar el motor térmico.

Los tres aspectos claves de las baterías son: materiales, estructura y control. El cambio de los formatos cilíndricos a los planos laminados, así como la transición del níquel cadmio a ion de litio ha permitido importantes avances en las últimas dos décadas, como se ve en la figura a continuación.

Asimismo, la utilización de nuevos materiales como la estructura de las celdas de espina y manganeso ha incrementado la fiabilidad y seguridad. Por otro lado, el módulo ha

sido dimensionado para maximizar el volumen, eficiencia y capacidad de refrigeración de las celdas. El cátodo suele estar hecho en litio manganeso y el ánodo en carbono.



Fuente: *Status and Prospects for Zero Emissions Vehicle Technology, Report of the ARB Independent Expert Panel 2007. Prepared for State of California Air Resources Board (Sacramento, California) by Fritz R. Kalhammer, Bruce M. Kopf, David H. Swan, Vernon P. Roan and Michael P. Walsh, Chairman.*

Vistos los avances en la potencia, formato y fiabilidad de las nuevas baterías, el otro gran reto está en la autonomía que son capaces de ofrecer y los tiempos de recarga. En este sentido, cada fabricante está evolucionando con sus propias baterías. Algunas cifras comunicadas por los propios constructores de coches van desde los 60 km del Chevrolet Volt hasta los 160 km del EV de Nissan previstos para el año 2011. Las pruebas efectuadas recientemente por el Instituto de Investigación de la Energía Eléctrica (EPRI, siglas en inglés) y la empresa Southern California Edison demuestran que las baterías de Litio-ion disponibles en la actualidad pueden mantener su capacidad útil durante 3.000 ciclos de descarga completa, lo que supone alrededor de 10 años de una conducción típica. El gran reto de cara al futuro para que podamos obtener autonomías y precios similares a los vehículos actuales será multiplicar por 3 la capacidad de las baterías y dividir por 3 su precio.

Como se ha indicado anteriormente, dada la diversidad de vehículos eléctricos, se pueden anticipar varios tipos de conexión a la red, dependiendo de la velocidad deseada de la carga, que a su vez dependerá de las características del vehículo y de su utilización:

Carga lenta: típicamente monofásica, de poca potencia máxima (valores citados por los fabricantes de entre 3 y 6 kW), correspondientes a vehículos PHEV o EV que se recargan por la noche o adicionalmente durante el día en varias horas (por ejemplo, en aparcamientos en los lugares de trabajo).

Carga rápida: necesariamente trifásica, de varias decenas de kW de potencia máxima (se anuncian valores de entre los 43 y los 200 kW), para vehículos que quieren realizar la carga, parcial o completa, en periodos inferiores a una hora. Se tratará normalmente de vehículos no híbridos, que requieran hacer esa carga de forma ineludible.

Respecto a su efecto en el sistema eléctrico, como cualquier otra carga, hay que considerarlo en los diferentes componentes. El hecho de que sean cargas nuevas, que pueden ser repetitivas y que totalicen un volumen muy significativo, ofrece una oportunidad para que su suministro se realice de forma óptima para el conjunto de los agentes involucrados (los propios vehículos eléctricos, las redes y la generación eléctrica) evitando inversiones cuantiosas en red con un factor de utilización muy bajo. Solamente con la gestión "inteligente" de estas cargas se podrá conseguir el adecuado control, con dos objetivos principales:

- Evitar problemas eléctricos en las redes: desequilibrio generación-carga, sobrecargas (en distribución), colapso de tensión (en transporte) y, en consecuencia, evitando inversiones (un mínimo de desarrollo de la red de baja tensión será necesario).
- Producir la energía necesaria para los vehículos de forma más eficiente: en la medida de lo posible dicha carga tendrá lugar en valle (es decir, usando las centrales más eficientes) y, preferiblemente, empleará energías renovables que no tengan posibilidad de almacenamiento.

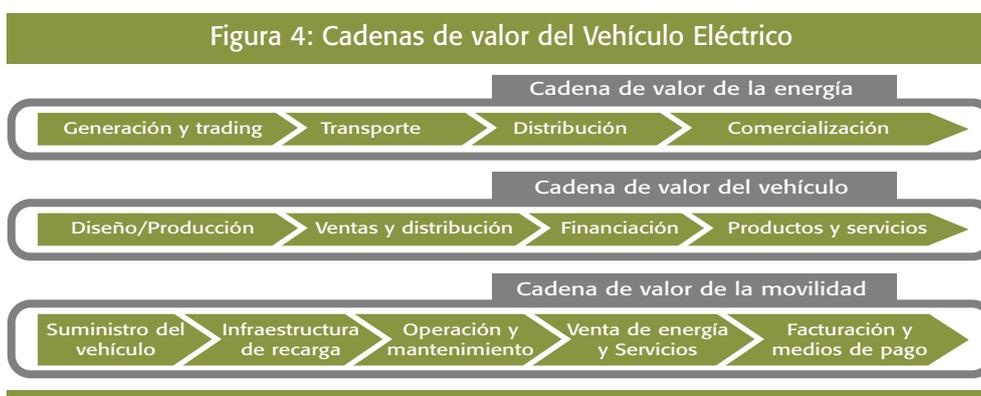
Para conseguir lo anterior, es necesario, que la gestión de las redes en tiempo real llegue hasta el punto de carga del vehículo, acomodando la carga según la situación de la red de distribución y transporte, y de la generación disponible. Se deberá establecer para ello un control a varios niveles:

- A nivel de centro de transformación (CT) de media/baja tensión, que secuenciará las cargas, en base a la situación de la propia red y a consignas superiores desde los despachos de control. El CT se comunicará con el sistema de carga inteligente del vehículo de forma indirecta a través del contador telegestionado.

- A nivel de despacho de distribución, que observa la red que alimenta los CTs. El empleo de aplicaciones, como el flujo óptimo de carga eléctrica, permitirá evaluar las capacidades de aumento de carga del sistema sin ocasionar problemas de tensiones o sobrecargas, que serían sufridas por la totalidad de los clientes conectados.
- A nivel de operador del sistema de transporte, comunicado con los despachos de distribución anteriormente mencionados, que además de vigilar las condiciones de dicha red con aplicaciones de flujo de cargas y de estabilidad de redes, preparará las consignas de carga a nivel nacional o por nudos de transporte en base a la disponibilidad de la generación, dando prioridad a la energía renovable no almacenable, como es la eólica.

Por tanto, uno de los grandes retos al que se enfrenta el control de cargas dispersas y numerosas es el establecimiento de una red de telecomunicaciones de acceso que tenga la capilaridad y capacidad suficiente como para permitir el desempeño de esas funciones. Esta misma red es la que se va a necesitar para el desarrollo en un futuro no muy lejano de las redes inteligentes (Smart Grids) con las que se gestionarán de forma mucho más eficaz unas redes eléctricas que hasta ahora no han empleado masivamente las TICs.

Por todo lo anterior, podemos describir tres cadenas de valor que intervienen en los distintos aspectos relacionados con el vehículo. Las dos primeras, sobre las que nos hemos referido anteriormente, serían la de la electricidad y la del vehículo que incluye la fabricación y venta del vehículo eléctrico. La tercera cadena de valor, la de movilidad eléctrica, permitirá la aparición de nuevos negocios como la fabricación y operación y mantenimiento de las infraestructuras de recarga o los gestores de recarga, figura recientemente elaborada por el Ministerio en el Real Decreto Ley 6/2010, del 9 de abril, que incluyó en el marco normativo del sector eléctrico un nuevo agente que prestará los servicios de recarga energética a los vehículos eléctricos.



Fuente: Elaboración propia

El modelo actual, con un gran número de sectores involucrados (energéticos, fabricantes de vehículos, empresas de telecomunicaciones, etc.), tiene importantes incertidumbres como son los estándares de conexión, comunicación o facturación que redundan en una falta de interoperabilidad de los distintos elementos implicados en la movilidad eléctrica. En este sentido, actuaciones aisladas para imponer futuros estándares corren el riesgo de quedar rápidamente obsoletas. Es esencial entender que, durante un tiempo difícilmente predecible, estaremos en un período de ensayo y promoción que exigirá la colaboración de todos los sectores involucrados tanto públicos como privados.

En este sentido, el Plan de Acción 2010-2012 del Vehículo Eléctrico pretende superar esta problemática a través del conjunto de acciones concretas antes citadas que tratan, por un lado, de estimular la demanda, pero al mismo tiempo tratan de implantar infraestructuras de carga. Y específicamente hay un conjunto de acciones de tipo horizontal que contemplan desde acuerdos entre actores intervinientes para los modos de recarga hasta un seguimiento especial de las decisiones que a nivel comunitario se vayan tomando en relación con estos estándares.

Algunas de las acciones horizontales que tienen relación con las ventajas urbanas que los Ayuntamientos pueden ofrecer al vehículo eléctrico han sido ya experimentadas dentro del proyecto de demostración MOVELE, promovido por el IDAE, con lo que, al menos en teoría, se parte ya de una base de conocimiento.

Está claro que, mientras que las ciudades continúen con el decidido impulso a la disminución del tráfico de vehículos privados en los centros de las ciudades, la proliferación de estacionamientos disuasorios y otras medidas similares fomentarán la aparición de negocios asociados a la movilidad sostenible como los Carsharing de vehículos eléctricos (alquiler de vehículos por cortos periodos de tiempo y pago por horas) particularmente interesantes para aquellos negocios con frecuentes trámites en el centro de las ciudades (notarias, gestorías, etc.).

3. El Gas Licuado de Petróleo (GLP) de automoción

El GLP de automoción o autogas es un combustible gaseoso en condiciones ambiente, pero se licúa con facilidad a una presión moderada, siempre inferior a 10 bar. En estas condiciones, su densidad oscila entre 500 y 600 kg/m³, lo que le confiere una densidad energética por unidad de volumen algo inferior a la de la gasolina o el gasóleo y muy superior a la del gas natural. Su número de octano es inferior al del gas natural y

superior al de la gasolina, lo que lo convierte en un combustible adecuado para motores de encendido provocado.

GLP y medioambiente

El Autogas tiene una relación hidrógeno/carbono bastante alta (entre 2,5 y 2,6) y muy buen balance de CO₂ equivalente en el tramo del pozo al tanque. Esto se traduce en unas emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo completo (del pozo a la rueda) similares a las del gas natural vehicular y gasóleo, y hasta un 14% menores que las de la gasolina.

En la sección siguiente, dedicada al gas natural vehicular, puede encontrarse una comparación de consumo de energía y emisión de gases de efecto invernadero del pozo a la rueda con diferentes combustibles.

Vehículos de GLP

Prácticamente todos los fabricantes de vehículos ligeros ofrecen modelos de GLP, incluyendo turismos, furgonetas y furgones. Alternativamente, un vehículo de gasolina puede ser transformado a GLP por una empresa especializada. En cambio, el GLP es un combustible mucho menos utilizado en vehículos pesados.

El depósito de GLP suele ser instalado bajo el piso de carga del maletero, en el lugar de la rueda de repuesto (que se sustituye por un kit anti-pinchazos). Esta ubicación, unida al moderado peso del sistema de GLP, hace que la funcionalidad del vehículo no se vea afectada.

Existen en el mercado dos tipos de sistemas de GLP: de inyección en fase gaseosa o en fase líquida. Los primeros son los más extendidos en Europa, pero tienen el inconveniente de producir una pequeña pérdida de potencia respecto al funcionamiento con gasolina y de incrementar la temperatura de escape, lo que lleva a la necesidad de modificar algunas piezas del motor. Los sistemas de inyección en fase líquida, de tecnología más reciente, resuelven los inconvenientes anteriores.

Por otro lado, el GLP puede utilizarse en motores de inyección directa de gasolina empleando el mismo sistema de inyección, lo que permite aprovechar las ventajas de esta tecnología y simplificar la transformación. Ya existen en Europa algunos modelos de estas características.

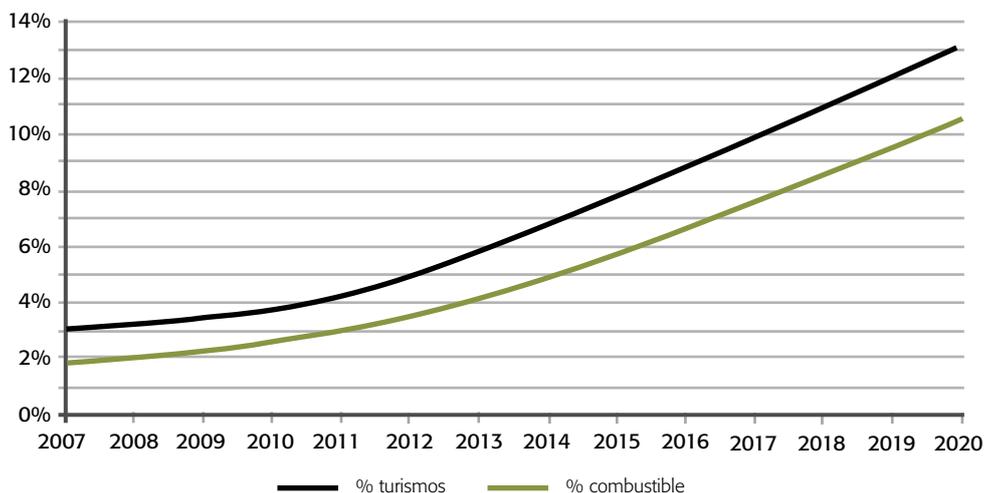
Tendencias

En la actualidad, el GLP para automoción es el combustible alternativo más extendido en Europa y en el mundo, con un total superior a los trece millones de vehículos. Sin embargo, la distribución por países es muy irregular. En Europa, que cuenta con siete millones de vehículos de GLP, los países donde tiene mayor penetración son Polonia, Turquía, Italia y Holanda.

En España, la presencia del Autogas es aún limitada, pero se están dando los pasos para impulsarlo y se espera un fuerte crecimiento de este carburante en los próximos años. Uno de los factores clave será el desarrollo de una red de puntos de suministro, aún escasa en nuestro país. Asimismo, se prevé un crecimiento de la oferta de vehículos, que también en España es inferior al resto de Europa.

Actualmente, el GLP abastece en Europa cerca del 3% del combustible para el transporte. Según previsiones de la Asociación Europea del GLP (AEGPL), para el año 2020, esa cifra superará el 10%, mientras que el 13% de los turismos utilizarán Autogas. Esto representa evitar 350 millones de toneladas de CO₂ en el periodo 2007-2020. La siguiente gráfica muestra la evolución de la extensión del Autogas en Europa según los datos de la AEGPL

Figura 5: Evolución de la extensión del Autogas en Europa



Fuentes: Elaboración propia con datos de la Asociación Europea de GLP (AEGPL).

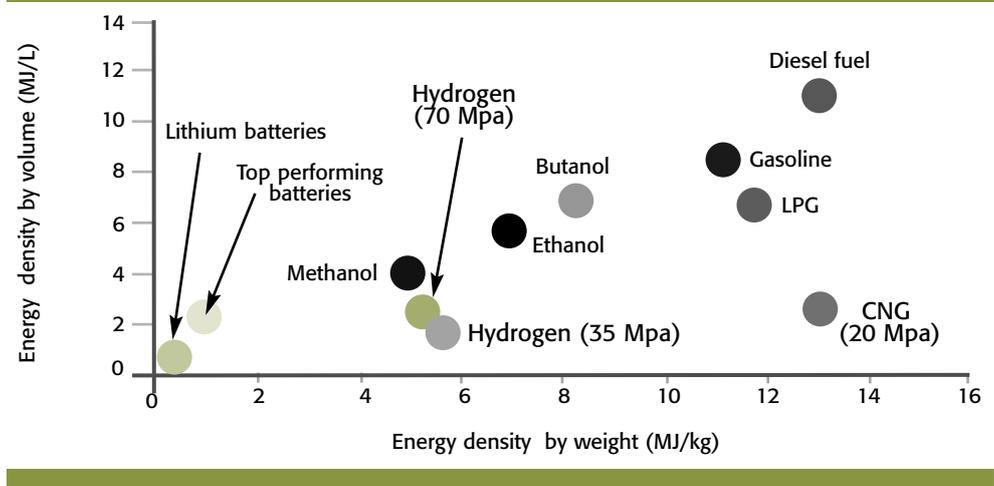
El GLP de automoción reúne características de gran interés: calidad del carburante, reducidas emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes locales, madurez tecnológica, reducidos costes de inversión en el vehículo y bajo precio en el carburante, al tiempo que contribuye a la diversificación energética. En consecuencia, es una buena opción en la transición hacia un modelo de transporte sostenible.

4. El Gas Natural Vehicular (GNV)

El GNV y el contenido energético

El poder calorífico por unidad de masa del GNV es algo superior al del diesel, la gasolina y el GLP. Sin embargo, al comparar la densidad energética por volumen de estos combustibles, se observa que el GNV está en desventaja y de ahí la necesidad de su compresión.

Figura 6: Densidad energética de baterías y combustibles teniendo en cuenta la eficiencia del motor



Fuente: Transport, Energy and CO₂: Moving towards sustainability. Agencia Internacional de la Energía.

Por otra parte, el elevado número de octano del GNV (130 vs 95/100 de la gasolina), permite conseguir mayores rendimientos en los vehículos con motores diseñados exclusivamente para GNV, de ahí que las mayores ventajas de su utilización se obtengan cuando el motor es mono combustible y no bi-fuel.

GNV y medioambiente

A continuación se comparan la eficiencia energética y emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) del pozo a la rueda para los diferentes combustibles:

Tabla 2: Comparación de la eficiencia energética y las emisiones de GEI del pozo a la rueda para diferentes combustibles

	Energía (MJ/100 km)	GEI (g CO ₂ eq /km)
Gasolina MPI ⁽¹⁾	216,6	164,1
Gasolina GDI ⁽²⁾	214,2	162,3
GNC ⁽³⁾	235,4	140,9
GLP ⁽⁴⁾	212,8	140,9
Gasóleo ⁽⁵⁾	192,2	146,6

(1) Inyección indirecta multipunto (2) Inyección directa (3) Bifuel 50% GNL, 50% gasoducto Magreb (España)
(4) Bifuel (5) Ca filtro de partículas

Fuente: JEC Well-to-Wheels study Version 3, year 2008

En motores mono-combustibles, el GNV puede reducir sustancialmente las emisiones de gases efecto invernadero. Al ser el metano el principal componente del gas natural (entre un 80 y 99%), el ratio hidrógeno/carbono molecular es próximo a 4, mientras que en la gasolina este ratio es cercano a 1,85. Esta propiedad permite que, dependiendo de la composición del gas, la reducción de las emisiones de CO₂ sea de valores en el entorno del 20% en vehículos provistos de motores con similar eficiencia energética. El gas natural presenta también ventajas en términos de reducción de óxidos nitrosos y partículas.

Vehículos de GNV

Conviene señalar que las tecnologías aplicadas a los vehículos son tecnologías maduras que van incorporando progresivamente las mejoras tecnológicas. La innovación tecnológica se da tanto en los casos de conversión a GNV como en los vehículos expresamente fabricados para gas natural. En los primeros, los motores bi-fuel operan con el ciclo Otto y tienen la capacidad de operar indistintamente con dos combustibles, gasolina y gas natural, proporcionando mayor autonomía y flexibilidad. Los componentes del kit de conversión son, entre otros, el sistema de inyección de combustible gaseoso, el de combustible y los depósitos para almacenar el gas (que están en continua innovación en cuanto al tipo de materiales), así como válvulas y conductos de presión.

La inyección de gas natural en fase gaseosa supone un incremento de la temperatura de escape respecto a la operación con gasolina, por lo que los vehículos que utilizan GNV tienen algunas piezas (en particular las válvulas de escape) modificadas.

Los motores mono-fuel de gas natural no difieren mucho en cuanto a medidas, peso, construcción o requerimientos de materiales, a los de un motor de gasolina. Entre las líneas de mejora se encuentra el incremento de la relación de compresión, el control de inyección de combustible y el ajuste del encendido.

Mientras que prácticamente todos los fabricantes tienen modelos para GLP, el número de fabricantes de vehículos de GNV es más reducido.

Por otro lado, el GNV sólo puede utilizarse en motores de inyección directa si el motor ha sido fabricado expresamente para este combustible, es decir, no puede aprovecharse el sistema de inyección de gasolina. Ningún fabricante ofrece vehículos de estas características ni se prevé que lo haga próximamente.

Debido a su baja densidad energética, el gas natural debe almacenarse a bordo del vehículo licuado o comprimido (GNC). En el primer caso, se necesita una temperatura de $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$. En el segundo, habitualmente se utilizan presiones de 200 bar. Las dos opciones resultan en depósitos grandes y pesados para conseguir una autonomía aceptable.

Tendencias

Estados Unidos es un caso claro donde la penetración del GNV se lleva a cabo fundamentalmente en los vehículos pesados. Existen en la actualidad 120.000 vehículos de GNV con objetivos ambiciosos de crecimiento. El énfasis en la utilización de GNV en Estados Unidos está reforzado por el desarrollo y el crecimiento de la producción del gas no convencional y la disminución de su dependencia del petróleo exterior. Además su estrategia considera no sólo los vehículos pesados, sino también las flotas.

En Europa el caso más destacable es el de Italia, país que fue pionero en la incorporación del GNV. En 2009, el GNV representó un 1% del total de gas vendido y la venta de vehículos de GNV supuso un 2% de las ventas totales de nuevos vehículos. Su desarrollo ha venido incentivado por un apoyo económico de 1.500 euros para la retirada de vehículo viejo, a los que hay que añadir otros 1.500 euros, cuando el nuevo vehículo es de GNV, si bien estos incentivos pueden variar según las regiones.

Otros países interesantes para estudiar son Argentina, que ha desarrollado una industria tecnológica contando con 25 empresas que exportan productos tecnológicos relacionados con el GNV, y Brasil. Este último país, es un caso también interesante ya que cuenta con más de 1,6 millones de vehículos y 1.700 estaciones de llenado. El GNV comenzó en Brasil en 1991 mediante el denominado "plan gas". En 1996, el incremento del precio del petróleo llevó al gobierno a autorizar el uso del gas natural en todos los vehículos. El impulsor fundamental del desarrollo del GNV ha sido el diferencial de precio entre el gas natural y otros combustibles.

En España, el GNV como alternativa no parece estar en las prioridades de la agenda del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en la de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, centradas más en las biocombustibles y el coche eléctrico. No obstante, a través del IDAE se incentivó hasta el año 2008 el uso de vehículos de GNV dentro de la Estrategia E4, junto con otras alternativas como el GLP, los híbridos y el hidrógeno, estableciendo subvenciones tanto para los vehículos como para las estaciones de llenado.

El GNV es, en general, muy valorado a nivel local como una buena solución para mejorar la calidad del aire de las ciudades y, por esta razón, el GNV se incluye en concursos públicos para el servicio de recogida de residuos sólidos urbanos (RSU) o en programas de flotas públicas verdes.

En la actualidad existen más de 800 camiones de RSU en España con 24 estaciones de llenado y una previsión de alcanzar a corto plazo unos 1.100 vehículos.

Tras la publicación en 2007 de la Ley de Calidad del Aire se han generado planes en varias comunidades autónomas como el "Pla de Millora de la Qualitat de l'aire" en Cataluña y el "Plan Azul" de Madrid, que llevan a cabo políticas locales para mejorar la calidad del aire mediante la incorporación del GNV en vehículos de servicio público y la promoción de estaciones de llenado, estableciendo también reducciones del impuesto de circulación de hasta el 75% para estos vehículos.

El número de autobuses con GNV en España es cercano a los 900, aunque se prevé que la cifra sea superior a los 1.400 en el corto plazo, y dada la naturaleza de las flotas, el número de estaciones de llenado es reducido (7).

En España, el número de vehículos de GNV se situaba en 2009 en torno a los 1.900, con más de cuarenta estaciones de llenado. Este número representa un porcentaje muy reducido del número total de vehículos en España y está en gran parte concentrado en flotas de camiones, autobuses y taxis.

La normativa, los avances tecnológicos y el precio del petróleo han potenciado el uso del GNV no sólo en España sino también a nivel mundial: en el 2009 existían más de once millones de vehículos (un 15% más que el año anterior) y unas 16.000 estaciones de llenado.

A modo de sugerencias

El éxito en la implantación del GNV pasará, en primer lugar, por establecer una red de puntos de carga que permita el acceso al mayor número de clientes potenciales con garantías de calidad de servicio y de rentabilidad. En esta línea, las áreas metropolitanas de las grandes ciudades son los lugares más idóneos para la implantación, en las que además los planes de actuación sobre la calidad del aire, ya indicados arriba, potencian la penetración y el desarrollo del GNV.

En el desarrollo o implementación del GNV, la coordinación de las actuaciones de las principales partes interesadas es vital y una de ellas debería asumir el papel de impulsor.

Los planteamientos de modelos de negocio pueden diseñarse de modo que uno de los agentes se comprometa a la inversión de infraestructuras y se mantengan los incentivos para minimizar el sobrecoste de los vehículos de GNV.

Establecer compromisos a medio y largo plazo permitirá mejorar la penetración del GNV, con las ventajas económicas y medioambientales que conlleva para el usuario.

5. La movilidad a través del hidrógeno y pilas de combustible

El hidrógeno se plantea como una alternativa a los combustibles líquidos y gaseosos de origen fósil y como un acumulador de energía para complementar la variabilidad de las energías renovables. Es un vector energético limpio, acumulable y que se puede producir a partir de cualquier fuente de energía primaria. Es además el único combustible alternativo, junto con la electricidad, que permite desarrollar un sistema de transporte con emisiones cero, producido a partir de fuentes primarias domésticas de energía. Sin embargo, debido a su baja densidad, es necesario comprimirlo a altas presiones utilizando grandes cantidades de energía para conseguirlo, lo que significa un coste adicional. Por esto, son necesarios materiales especiales para manipularlo y almacenarlo, ofreciendo retos tecnológicos importantes tanto en su transporte como en su uso como combustible para el transporte.

Se puede producir a partir del gas natural, a través de procesos de reformado (eficiencias del orden de 70% al 80%), a partir de la electrolisis del agua, a través de la gasificación del petróleo o del carbón (eficiencias entre el 50% y el 65%) o de la biomasa (eficiencias entre el 45% y el 65%). Con una visión más hacia el futuro se están investigando nuevos procesos de producción de hidrógeno a alta temperatura a partir del agua (termoquímico y electrolítico) en centrales nucleares o solares de concentración. La fermentación bioquímica a partir de algas también está en proceso de investigación.

Existe ya un mercado de hidrógeno en Europa que se utiliza en la industria petroquímica y en la producción del amoníaco, pero su precio no es competitivo con los combustibles convencionales. Una vez generado, el hidrógeno debe transportarse a los puntos de distribución para su suministro a los usuarios. En Europa, ya se transporta el hidrógeno líquido y gaseoso a instalaciones industriales en grandes cantidades, para lo cual existen tuberías a alta presión. Sin embargo, la infraestructura para su distribución es cara y no existe una idea clara de cuál será su proceso de desarrollo en el mercado, aunque parece que para el caso de su uso en el transporte urbano, inicialmente se generarán puntos de distribución en grandes concentraciones de población y se transportará a los puntos de uso. Más tarde, cuando el número de usuarios lo justifique, se construirán gasoductos apropiados. Como toda tecnología en desarrollo, hay un importante número de incertidumbres en su futuro que requieren de medidas políticas, fiscales y de mercado planificadas que favorezcan el desarrollo de la infraestructura necesaria y su penetración en los mercados.

Las pilas de combustible son el instrumento idóneo para el uso del hidrógeno como vector energético transformándolo directamente en electricidad con rendimientos (por encima del 70%) muy superiores a los usuales en la combustión. Existen diferentes tecnologías de pilas combustibles para su utilización en el transporte o de forma estacionaria. En algunos casos, se produce asimismo importantes cantidades de calor generando un tipo de cogeneración muy útil para su utilización en el área residencial. Su coste es todavía muy elevado, su durabilidad baja, por lo que es necesario un gran esfuerzo de desarrollo tecnológico para su utilización comercial, tanto por el transporte autónomo electrificado como por la generación estacionaria de electricidad. Los retos que hay que afrontar de cara a la utilización del hidrógeno tienen que ver con la seguridad, su almacenamiento y distribución, y el coste y durabilidad de las pilas combustibles.

En relación al uso del hidrógeno en el transporte a través de pilas combustibles, el impacto sobre las emisiones de CO₂ dependerá en principio del contenido en carbono de la energía primaria utilizada para su generación. Para aquel producido a través de gas natural, las emisiones pozo-rueda del vehículo de pila combustible son del orden del 53% de aquellas generadas en los vehículos convencionales de motor de combustión interna. Si el hidrógeno proviene de fuentes libre de carbono, no hay emisiones de GEI.

De entre todos los tipos de pilas de combustible existentes, las más idóneas para su uso en el transporte por carretera son aquellas cuyo electrolito es una membrana polimérica (PEMFC). Éstas ofrecen gran simplicidad, respuesta inmediata, muy buena tolerancia hacia el CO₂ por parte de la membrana, combinación de elevada densidad de potencia y óptima eficiencia en la conversión del combustible. Esta membrana exhibe, además, alta estabilidad química y altas conductividades. Sin embargo, tiene limitada su temperatura de trabajo y su fabricación es muy cara. Por tanto, la tecnología PEMFC debe sintetizar nuevas membranas conductoras de protones. En este sentido, se están llevando a cabo, entre otros, desarrollos basados en polímeros parcialmente fluorados, compuestos poliméricos y polímeros termoestables. Se espera que las pilas de PEMFC usen un 40% menos de combustible que un vehículo equivalente con motor avanzado de combustión interna para el año 2015.

En este área, es necesario avanzar en nuevos materiales, en la integración de procesos incluyendo el desarrollo de componentes para el *"balance of plant"*, bajando costes y mejorando sus características de funcionamiento. Las pilas combustibles están muy ligadas al desarrollo de los vehículos eléctricos. Como la capacidad de almacenamiento de los vehículos eléctricos puros determina la autonomía del vehículo, ya que el aprovisionamiento de energía se produce por recarga de la batería (lenta o rápida) mediante conexión a la red eléctrica o por sustitución del conjunto de la batería en puntos específicos, para aumentar esta autonomía, que es muy reducida en estos momentos y limita su uso al contexto urbano, una posibilidad es que estos vehículos puedan incluir también un elemento de recarga parcial basado en un motor térmico con un generador o también una pila de combustible. Además el vehículo híbrido presenta sinergias de desarrollo respecto a los vehículos equipados con pilas de combustible. El vehículo híbrido con pila de combustible incluye un sistema de conversión de energía química en energía eléctrica que alimenta un motor eléctrico de tracción. Su gran atractivo consiste en un potencial mucho mayor de rendimiento global (entre 40 al 45%) y un menor impacto ambiental, aunque dependerá del origen, renovable o no del combustible. A su vez, estos vehículos ofrecen una autonomía similar a los vehículos convencionales. Es importante, además, desarrollar nuevos sistemas de gestión, regulación y control para todos los modos de funcionamiento de estos vehículos (arranque, aceleración, marcha constante, frenado, parada, etc.), así como para el funcionamiento de los sistemas auxiliares (iluminación, confort) que, en el caso de pilas de combustible, es más complejo ya que incluye la gestión de los sistemas de gases y térmicos de la pila y el procesador de combustible. Se prevé que podrían estar disponibles en el mercado entre 2015 y 2020.

La Iniciativa Tecnológica Conjunta sobre pilas de combustible e hidrógeno fue establecida para el periodo 2008-2013, con un presupuesto de 470 millones de euros de financiación comunitaria, que debían ser aportados al menos en la misma cantidad por la industria. Esta

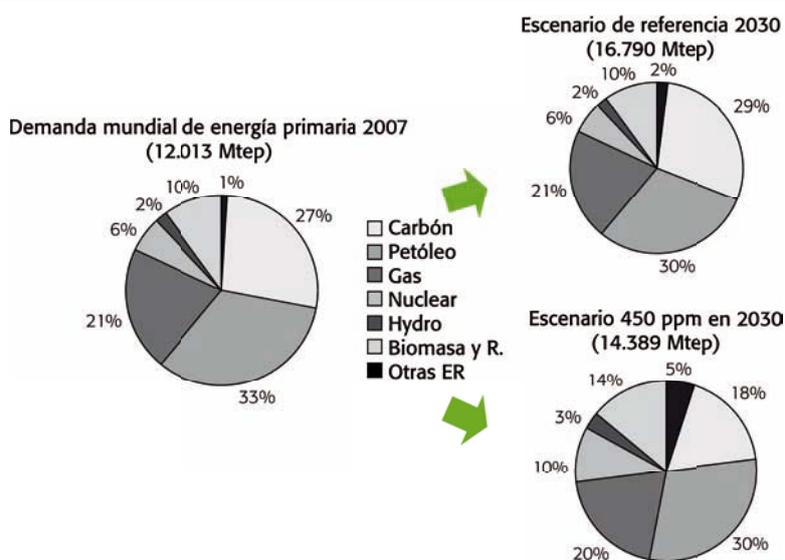
iniciativa tiene la masa crítica mínima necesaria para desarrollar y validar tecnologías rentables y eficientes para las distintas aplicaciones. Sin embargo, el cumplimiento de los objetivos establecidos por la industria para su entrada en el mercado, requerirá un esfuerzo adicional importante. En particular, serán necesarios más proyectos de demostración y de mayor escala, así como actividades de despliegue pre-comercial para las aplicaciones de transporte, móviles y fijas, y también será necesario el desarrollo de tecnología e investigación a largo plazo con el fin de establecer en toda Europa una cadena de pilas de combustible competitivas y una infraestructura de hidrógeno sostenible. La financiación adicional necesaria pública y privada para el periodo 2013-2020 se estima en estos momentos en 5.000 millones de euros.

6. Los combustibles convencionales y los biocombustibles

Los combustibles convencionales

En toda predicción sobre el uso de los combustibles convencionales se considera que estos seguirá siendo un componente esencial para el transporte en el año 2030, incluso en el escenario de toma de medidas extraordinarias para el mantenimiento de un incremento máximo de la temperatura de la Tierra de 2° C para el año 2050 (AIE).

Figura 7: Escenarios energéticos en 2030



Fuente: World Energy Outlook, AIE-OCDE (2009) y elaboración REPSOL

Los requisitos de limitación de generación de CO₂ para los vehículos ligeros están estipulados de forma creciente, tal que se deberán reducir en un 30% para el año 2015 y en un 49% para el año 2020, respecto los niveles de 1995.

Tabla 3: Requisitos de la UE relativos a la limitación de emisiones de CO₂ para los vehículos ligeros

1995	186 g/km	–
2008	140 g/km	25%
2015	(130-110) g/km	30%
2020	95 g/km	49%

Los análisis para los vehículos con motor de combustión interna alimentados con productos del petróleo muestran que éstos tienen una eficiencia muy baja. La eficiencia máxima de un motor de gasolina o diesel (trabajando a carga máxima) es del orden de 28% a 33%, que se ve reducida substancialmente cuando el motor se usa en régimen tal como el transporte urbano, de parada y arranque. De modo global, la eficiencia del vehículo de gasolina o diesel desde el pozo hasta la rueda puede alcanzar valores de entre el 15% y el 19%, netamente inferior a otras soluciones como puede ser el vehículo eléctrico, del orden del 21 al 25%.

Es importante resaltar el enorme potencial de mejora del conjunto vehículo-combustible de los usuarios de los combustibles convencionales. Se estima que el motor de combustión interna, junto con mejores combustibles, tiene un potencial de mejora de eficiencia del 20% en diez años y quizás hasta del 40% a más largo plazo. Esto se puede conseguir a través de mejoras del motor con el uso de la inyección directa, el desarrollo de la combustión CAI-HCCI²⁰ y el "downsizing"²¹. El uso extensivo de la electrónica y controles avanzados ayudará a un aumento de la eficiencia del uso de los combustibles y en el manejo del vehículo. Evidentemente el desarrollo y uso de materiales más ligeros y el desarrollo de neumáticos con menores pérdidas por rozamiento serán elementos necesarios en los nuevos vehículos.

Sin embargo, como se ha apuntado más arriba, las industrias del vehículo para el transporte por carretera han basado su innovación, principalmente, en la búsqueda de la

20- Controlled Auto Ignition –Homogeneous Charge Compression Ignition

21- Reducción de la cilindrada de un motor y por lo tanto de su tamaño, reduciéndose así el consumo de combustible y de las emisiones de CO₂, pero manteniéndose o incluso superándose las prestaciones

disminución de costes del vehículo, la integración de mayores medidas de seguridad y en la cada vez menor vida de cada uno de los modelos que se lanzan al mercado. La innovación para reducir o eliminar las emisiones de CO₂ es más reciente y está en proceso de despliegue por la industria. Está claro que una competencia fuerte de los vehículos alternativos en el mercado obligará a una mayor innovación en el sector de los vehículos convencionales.

De hecho, la industria establecida para el transporte por carretera cuenta con marcas reconocidas, de gran prestigio y tradición, y los usuarios están acostumbrados a que éstas sean las únicas alternativas cuando es necesario comprar un nuevo vehículo. Este aspecto alcanza mucha mayor importancia cuando los precios de los vehículos convencionales son sensiblemente más baratos. Por este motivo, la intervención pública a través de la información y educación del usuario y la generación de incentivos económicos son esenciales si se quiere que exista un cambio real. Cabe también apuntar que una reacción fuerte por parte de la industria del transporte convencional por carretera, generando unos vehículos con un gran salto en su eficiencia energética, puede hacer extremadamente difícil la competencia de las nuevas soluciones. Quizás este aspecto, añadido a otros de naturaleza energética, apoye la solución del vehículo híbrido, donde la industria tradicional puede unir sus fuerzas con las nuevas soluciones y quizás ser motor del cambio.

Los biocombustibles

La estrategia de biocombustibles en la UE

El objetivo, establecido en la mencionada Directiva 2009/28/CE, del 10% de fuentes renovables en el consumo final de energía en el transporte aplicará a todos los medios de transporte y al uso de todo tipo de energías renovables, entre ellas, los biocombustibles. Todos los biocombustibles producidos a partir de residuos y materia celulósica no comestible contabilizarán por un valor doble –respecto a los procedentes de materias primas usadas en alimentación– para el cumplimiento tanto del objetivo global del consumo final de energía procedente en un 20% de fuentes renovables como del 10% de uso de energías renovables en el sector del transporte.

Esta Directiva se aprobó tras confirmar que los objetivos indicativos anuales de comercialización de biocombustibles establecidos en la Directiva 2003/30/CE²² no se cumplieron en 2005, ni se preveía cumplirlos en 2010, aún cuando los países europeos con mayor consumo de combustibles fósiles –Francia, Alemania, Italia, Suecia, Austria,

22- Directiva 2003/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de mayo de 2003, relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:123:0042:0046:ES:PDF>

Holanda, Reino Unido y España— ya habían aprobado una obligación legal de uso de biocombustibles. Así, en 2010, la práctica totalidad de los países de la UE tendrán como objetivo obligatorio usar en el transporte un 5,75% de biocombustibles, expresado este porcentaje como contenido energético (tep) de gasolinas y diesel comercializados en el mercado en ese año.

Finalmente, cabe también destacar la aprobación en 2009 de la Directiva 2009/30/CE²³ de calidad de los combustibles que debe permitir un mayor uso de biocombustibles al aumentar hasta el 10% v/v y el 7% v/v -antes 5% v/v en ambos casos- los contenidos de bioetanol y biodiesel, respectivamente, en la gasolina y gasóleo consumidos en la UE.

Respecto a la política de biocombustibles en España, en la Disposición adicional decimosexta de la Ley del Sector de Hidrocarburos se establece que los biocombustibles deben representar, en términos de contenido energético, en 2009 y 2010, un 3,4% y un 5,83%, respectivamente, de las ventas totales de las gasolinas y gasóleos comercializados en España con fines de transporte. El Real Decreto 1738/2010 establece, para el periodo 2011-2013, objetivos globales de uso de los biocombustibles ascendentes de 5,9%, 6% y 6,1% para 2011, 2012 y 2013, respectivamente. En consecuencia, todos los operadores petrolíferos estarán obligados a introducir en sus ventas directas globales de gasolina y gasóleo al consumidor estos porcentajes de biocombustibles.

Asimismo, en Octubre de 2008, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio aprobó la Orden Ministerial de fomento del uso de biocombustibles que establece obligaciones separadas e independientes de consumos mínimos de bioetanol y de biodiésel con porcentajes idénticos en términos de contenido energético del 2,5% y el 3,9% para 2009 y 2010, respectivamente. La exposición de motivos de dicha Orden Ministerial incluye un compromiso indicativo del Gobierno de elevar hasta el 7% la obligación global de consumo de biocombustibles en 2011. La transposición a la legislación española de la Directiva 2009/30/CE, que autoriza contenidos máximos de bioetanol y biodiesel del 10% y 7% v/v en gasolina y gasóleo, respectivamente, debe facilitar el cumplimiento del objetivo global del 7% de biocombustibles en 2011, y porcentajes posteriores crecientes hasta el uso mínimo de un 10% de fuentes renovables en el transporte fijado en la Directiva 2009/28/CE antes mencionada.

23- Directiva 2009/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, por la que se modifica la Directiva 98/70/CE en relación con las especificaciones de la gasolina, el diésel y el gasóleo, se introduce un mecanismo para controlar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, se modifica la Directiva 1999/32/CE del Consejo en relación con las especificaciones del combustible utilizado por los buques de navegación interior y se deroga la Directiva 93/12/CEE. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0088:0113:ES:PDF>

De acuerdo con el Art. 4 de esta Directiva, el Gobierno ha presentado ante la UE el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) que establece un objetivo de consumo final de energía en el transporte en 2020 del 13,6% y un consumo mínimo de biocombustibles en el mismo año de 3,5 Mtep (3,1 Mtep de biodiesel y 0,4 Mtep de bioetanol), así como objetivos intermedios en el período 2011-2020, que deben orientar el desarrollo futuro del sector. El Gobierno aprobará el Plan de Energías Renovables 2011-2020 que debe detallar esos objetivos anuales y las estrategias para su cumplimiento.

Tabla 4: Consumo mínimo de biocombustibles en el período 2010-2020 en España

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Consumo mínimo de bioetanol (ktep)	232	232	281	281	290	301	300	325	350	375	400
Consumo mínimo de biodiesel (ktep)	1.471	1.471	1.493	1.493	1.990	2.169	2.450	2.600	2.750	2.900	3.100

Fuente: PANER, 2011-2020

La aprobación de las Directivas europeas 2009/28/CE y 2009/30/CE, con sus objetivos de consumo de biocombustibles y nuevas especificaciones de gasolina y gasóleo, y su implantación en los Estados miembros –en España mediante su transposición a la legislación nacional y la aprobación del PANER 2011-2020 y el PER 2011-2020– son hechos relevantes para establecer un marco de planificación imprescindible en el que las empresas puedan tomar sus decisiones de inversión y prever la recuperación de sus inversiones, superando la actual fragmentación del mercado interno y la vulnerabilidad de su industria.

Estas Directivas deben consolidar en la UE un mercado de biocombustibles que genere su propia regulación y políticas de promoción estables y de largo plazo, sus propias industrias, su propia investigación pública y privada y tecnologías, sus estándares técnicos y normativos, su propia financiación, sus mercados de exportación, su empleo y necesidades de formación, sus industrias de bienes de equipo y servicios asociados. Un mercado, basado en los biocombustibles de primera generación, capaz de generar los flujos económicos y la seguridad en las inversiones necesarias para avanzar de la forma más eficiente y rápida posible hacia las tecnologías de segunda generación.

Una economía de la UE basada en tecnologías energéticas de bajo contenido en carbono

Para la aplicación del SET Plan, la Comisión Europea ha elaborado planes de trabajo tecnológicos que deben desarrollarse en el período 2010-2020 donde se priorizan las diferentes necesidades de las diversas tecnologías, dependiendo de su actual nivel de desarrollo y madurez, y comparando las necesidades a corto plazo con el potencial de innovación a más largo plazo.

Los planes de trabajo y las estimaciones de costes correspondientes se basan en la mejor información disponible en estos momentos. Estos costes serán objeto de revisiones periódicas y de modificaciones a la luz del progreso de la aplicación y de los cambios en las circunstancias y prioridades. Comprenden los gastos de investigación, desarrollo tecnológico, demostración y absorción por el mercado, si bien no deben ser considerados como una propuesta para la futura asignación de fondos comunitarios.

El objetivo de la iniciativa europea de bioenergía sostenible y los biocombustibles de segunda generación es asegurar que el uso de la bioenergía en 2020 suponga, al menos, un 14% del mix energético de la UE y, al mismo tiempo, garantizar una reducción en la emisión de GEI de los biocombustibles del 60% de acuerdo con los criterios de sostenibilidad establecidos en la Directiva 2009/28/CE.

La bioenergía tiene que conseguir que las tecnologías más prometedoras alcancen su madurez comercial con el fin, entre otros objetivos, de permitir una producción sostenible y a gran escala de biocombustibles avanzados. En la actualidad se presentan diversas opciones tecnológicas que se encuentran en distintas fases de madurez. Para muchas de éstas, la necesidad más urgente es demostrar la tecnología a la escala más adecuada (plantas piloto, plantas de demostración precomercial o plantas industriales). La UE ha estimado que la inversión pública y privada total necesaria en Europa en los próximos 10 años para el desarrollo de esas opciones tecnológicas será de 9.000 millones de euros.

Objetivos tecnológicos para el desarrollo y comercialización de biocarburantes de segunda generación

A continuación se describen los objetivos tecnológicos establecidos en la Estrategia Europea en relación con los biocarburantes de segunda generación y la situación actual de estas tecnologías:

Disponibilidad de biomasa celulósica:

Los objetivos de este programa son la identificación y desarrollo de nuevos cultivos dedicados (sorgo, switch grass y miscanto para bioetanol; jatropha y algas para biodiesel), sin uso en alimentación, para la producción de biocarburantes. La utilización de la biotecnología debería permitir un uso más eficiente de los cultivos y la obtención de un suministro continuo y creciente de materias primas con características uniformes.

En la actualidad, se está utilizando –a nivel de planta piloto– biomasa celulósica presente en residuos agrícolas con uso limitado (paja de cereales, hoja y mazorca de maíz, bagazo de caña de azúcar), así como en residuos del bosque, de la industria de la madera y de los procesos de fabricación de papel/pulpa, además de en residuos sólidos urbanos ricos en material celulósico.

La ruta bioquímica para la conversión de biomasa celulósica en bioetanol:

La biomasa celulósica puede ser convertida en bioetanol mediante su conversión inicial en azúcar a través de un proceso de hidrólisis enzimática y su posterior fermentación como en los actuales procesos de producción. Sin embargo, el proceso no está probado a escala industrial, aunque existen plantas pilotos en diferentes lugares del mundo (Canadá, USA, Suecia, España).

El fraccionamiento eficiente de la celulosa en distintos azúcares y otros productos -lignina- con alto contenido energético, constituyen objetivos actuales del desarrollo tecnológico en el que la investigación y comercialización de nuevas, y con menor coste, enzimas y levaduras deben desempeñar un papel fundamental.

La ruta termoquímica para convertir biomasa celulósica en biocarburantes de segunda generación:

Un amplio rango de biomasa celulósica puede ser utilizada para producir combustibles sintéticos mediante un proceso de gasificación y síntesis catalítica (proceso Fischer Tropsch). A medio plazo, la perspectiva de obtener biocarburantes (bioetanol y biodiesel) está despertando un enorme atractivo y, si bien no existen tecnologías comercialmente probadas, el desarrollo tecnológico de este proceso –especialmente en Europa donde ya existen varias plantas piloto– es objeto de alta atención y asignación de recursos económicos y humanos.

La sostenibilidad de los biocombustibles

La Directiva 2009/28/CE establece también un sistema de sostenibilidad que incorpora la certificación de los biocombustibles –procedan de materias primas autóctonas o importadas–, el control de las tierras usadas en la producción de esas materias primas y el apoyo a los biocombustibles de segunda generación (biomasa celulósica) como elementos clave. Además, afirma que para el cumplimiento del objetivo fijado en la Directiva, y para el cumplimiento de las obligaciones de energías renovables o la obtención de apoyos financieros, sólo podrán contarse aquellos biocombustibles que cumplan los siguientes criterios de sostenibilidad:

- Reducir en, al menos, un 35% (50% a partir de 2017) las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los carburantes fósiles.
- No ser fabricados con materias primas obtenidas de tierras que en enero de 2008, o con posterioridad, tuvieran elevados valores de biodiversidad (bosques sin intervención humana significativa, áreas naturales protegidas, pastos de alta biodiversidad).
- No ser fabricados con materias primas obtenidas de tierras que tuvieran en enero de 2008 un elevado stock de carbono (humedales y áreas forestales).

En todo caso, el desarrollo y aplicación de esos criterios de sostenibilidad deben ser objeto de debate en las instancias políticas, reguladoras y empresariales de la UE antes de su aprobación. La implementación de sistemas de contabilización y verificación de emisiones de GEI y de sistemas de certificación de sus procesos de producción –pendientes de definición e implantación en España–, deberían permitir a los reguladores y a los mercados diferenciar entre los biocombustibles sostenibles y aquellos que deben ser rechazados a los efectos del cumplimiento de objetivos o de recibir cualquier tipo de ayuda comercial o financiera.

El cumplimiento de los criterios de sostenibilidad aludidos, más exigentes según se avance hacia el 2020, obligará a desarrollar una oferta creciente de biocombustibles de segunda generación, oferta en la que la industria está comprometida a través de la búsqueda y utilización creciente de materias primas no alimenticias y con una menor emisión de GEI, así como del desarrollo de las tecnologías adecuadas de refinado de esas materias primas.

7. Potencial de las medidas "soft" en la nueva movilidad

Para lograr reducir las emisiones (ligadas inevitablemente a la eficiencia en el uso de la energía) y los impactos ambientales derivados del transporte, pueden emprenderse acciones desde varios ámbitos, entre ellos: cambio en la tecnología de los motores, cambio en

los combustibles o en la gestión de la demanda. El potencial de este último ámbito, que no ha sido suficientemente considerado en las políticas desarrolladas en el pasado es, sin embargo, cada vez más valorado en las políticas modernas de movilidad urbana.

La gestión de la demanda para reducir los impactos y externalidades del transporte desde el punto de vista energético, medio ambiental y otros, abarca una serie de objetivos diversos y complementarios:

- Mejora de la eficiencia y las emisiones del parque de vehículos.
- Reducción del parque de vehículos: haciendo innecesario el ser propietario de un vehículo para atender las necesidades de desplazamiento.
- Reducción del número de viajes: convirtiendo viajes unipropósito en viajes multipropósito o evitando viajes innecesarios, sustituyéndolos por otras modalidades de comunicación cuando sea posible.
- Aplanamiento de las horas-punta con una distribución más homogénea de los flujos del tráfico para evitar la congestión.
- Cambio en el equilibrio entre la utilización del vehículo privado y el transporte público: favoreciendo los modos más eficaces y eficientes, así como una transferencia hacia el transporte público.
- Promoción de modos de transporte no contaminantes: en bicicleta y a pie, que además de beneficios ambientales, reportan una mejora de la calidad de vida en las ciudades y un urbanismo de proximidad.

Estos objetivos pueden alcanzarse mediante la aplicación de una serie de medidas:

- Promoción de los vehículos más eficientes y menos contaminantes.
- Prioridad al transporte público: para transferir viajeros al transporte público, éste tiene que ofrecer como alternativa que sea rápido, confortable y accesible. La prioridad al transporte público comporta carriles reservados, abonos de transporte público, información adecuada, etc.
- Promoción del uso de la bicicleta: por un lado mediante la construcción de una red de carriles de uso exclusivo para ciclistas, que permitan la realización de itinerarios por toda la ciudad, elementos auxiliares de aparcamiento, prioridades en intersecciones, etc., así como una adecuada señalización y seguridad, al objeto de hacerlos más atractivos. Por otro lado, con sistemas municipales de bicicleta de uso público, como el *Bicing* de Barcelona, el *Velib* de Paris o el *Sevici* de Sevilla.
- Prioridad peatonal: peatonalizando determinadas calles o zonas, de manera que únicamente puedan ser transitables a pie, con exclusión del tráfico motorizado (salvo emergencias y determinados vehículos de transporte público o de residentes).

- **Peaje urbano:** es el cobro por el uso del viario, cobrando a los automovilistas por conducir en una carretera o zona en concreto. El llamado “impuesto por la congestión” o “*congestion pricing*” (de reciente implantación en Londres con el nombre de “*congestion charging*” o en Estocolmo como “*environmental toll*”) estaría dentro de esta categoría y sería más elevado en las horas de mayor congestión.
- **Control de parking:** es una medida que ayuda a reducir el número de viajes en automóvil, particularmente efectiva en las áreas urbanas de gran congestión, mediante pago, limitación del número de plazas o su duración, etc.
- **Restricción de accesos:** prohibiendo la circulación de determinados vehículos (como camiones o furgonetas de mercancías) en horas punta o a todos los vehículos en determinadas zonas u horarios.
- **Traffic calming:** actuando en el diseño del viario de zonas residenciales (resaltos, glorietas, itinerarios truncados, etc.) para reducir la velocidad del tráfico y eliminar el tráfico de paso.
- **Carpool:** con ventajas para el coche compartido entre varias personas, como carriles sólo accesibles para vehículos de alta ocupación (2 ó más, Bus-Vao en Madrid) o plazas de aparcamiento para los empleados que compartan coche en los trayectos al lugar de trabajo.
- **Carsharing:** la disponibilidad de un coche multipropiedad o de alquiler en las proximidades del domicilio, reduce el nº de vehículos necesario y modera el uso, dado que, a diferencia del coche de propiedad, los costes fijos son muy bajos y los variables más altos.
- **Planes de transporte para empresas:** programas que las empresas y otros centros ofrecen a sus empleados o usuarios, con una serie de medidas e incentivos económicos y otros al uso del transporte público, de los modos no motorizados y del *carpooling*.
- **Horarios flexibles de trabajo:** permitiendo a los empleados cierta flexibilidad en sus horarios de trabajo para un aplanamiento de los periodos de hora punta que influiría, de manera directa, en la disminución de la congestión debida al tráfico, a la vez que facilitaría el cambio modal.
- **Teletrabajo:** el uso de las telecomunicaciones para sustituir viajes al centro de trabajo podría permitir desde permanecer un día a la semana en el domicilio trabajando hasta tener la oficina en casa.
- **Planificación conjunta de los usos del suelo y el transporte:** programando conjuntamente el transporte y desarrollo urbano, de manera que se tenga en cuenta la accesibilidad en los desarrollos urbanísticos.

- Permisos negociables de movilidad: asignando a todas las personas unos derechos de movilidad que podría negociar en función de sus necesidades, comprando o vendiendo según las necesidades de desplazamiento.
- Impuestos: dando, a través de medidas fiscales, señales económicas a los usuarios que incentiven el uso de los modos con menos impacto y desincentiven el uso del coche.
- Campañas de educación y concienciación: motivando a los usuarios de la necesidad de un cambio de actitud a la hora de elegir el modo de desplazarse. Iniciativas del tipo "Día sin coche" o "Al trabajo sin mi coche" u otras que promuevan el uso de la bicicleta o los modos públicos de transporte pueden tener una utilidad demostrativa para motivar los cambios.

El conjunto de medidas expuestas es muy variado. Para lograr los objetivos es conveniente buscar sinergias entre ellas (por ejemplo, el peaje urbano puede financiar la mejora del transporte público) así como su complementariedad. Se trata de diseñar el paquete adecuado que mejor permita su funcionamiento simultáneo y la cooperación de la ciudadanía en el proceso de cambio de las pautas de comportamiento hacia una movilidad sostenible, en línea con la nueva cultura de la movilidad que propone el Libro Verde del transporte urbano de la Unión Europea, aprobado en 2007.

CAPÍTULO IV: LA GESTIÓN DEL CAMBIO

1. Conclusiones a las que llega el TTIE consecuencia de este estudio

- El TTIE apoya plenamente la necesidad de conciliar en la política energética la búsqueda de una mayor seguridad de suministro, los retos de la sostenibilidad en su más amplia acepción y el desarrollo de la competitividad de las empresas de este sector, así como la de los actores que utilizan la energía para desarrollar su actividad económica o privada. Teniendo en cuenta esta consideración, el transporte se reconoce como un elemento primordial por su impacto en estos tres aspectos: supone a nivel europeo una parte importante del PIB, es uno de los principales sectores consumidores de energía y es uno de los mayores emisores de CO₂ relacionados con ella.
- En particular, para la consecución de los objetivos de reducción de emisiones que se plantean a nivel global y que conduciría a un escenario sostenible, el sector transporte y, en particular, el transporte por carretera, jugará un papel fundamental (según las previsiones de la Agencia Internacional de la Energía, si no se modifican las tendencias presentes, habrá un crecimiento constante de las emisiones de CO₂ provenientes del transporte hasta el 50% para el año 2030 y a más del 80% para el año 2050, siendo el transporte por carretera el usuario del 80% del consumo total de carburantes). Si el sector transporte no aporta su contribución en la reducción de emisiones, no se cumplirán los objetivos.
- El transporte en Europa se encuentra en un proceso de mejora general en los últimos años con progresos en la reducción de la contaminación atmosférica y en los accidentes viales. Sin embargo, se constata que no ha entrado todavía en una senda sostenible, destacando su impacto de las infraestructuras en las pérdidas de hábitats y en la fragmentación del paisaje.
- Según la Agencia Internacional de la Energía, los actuales compromisos y planes de política energética anunciados por países de todo el mundo, incluyendo aquellos relativos a la reducción de las emisiones de gases invernadero y los proyectos para retirar

los subsidios a las energías fósiles, constituyen pasos al frente para ponernos en la senda de un sistema energético sostenible, si bien aún se está muy lejos de satisfacer los requisitos necesarios.

- En una visión general del transporte, las tendencias actuales y los desafíos futuros apuntan a la necesidad de satisfacer una demanda creciente de «accesibilidad» en el contexto de una preocupación cada vez mayor por la sostenibilidad. Las prioridades más inmediatas resultan ser la mejor integración de los diversos modos de transporte y la aceleración de la creación e implantación de tecnologías innovadoras, todo lo cual se ha de hacer manteniendo a los usuarios y trabajadores del transporte, con sus necesidades y derechos, en el centro de la formulación de estrategias.
- El sector transporte, como todo componente de la economía, está sometido a una evolución continua del proceso de innovación, alentado por la creciente preocupación de la opinión pública por el efecto del uso de la energía en el medio ambiente. Sin embargo, este proceso natural es demasiado lento para hacer frente a los retos mencionados, por lo que la intervención pública, con un rol estratégico y de liderazgo, está justificada para alentar los cambios necesarios.
- Según diferentes expertos, la situación presente lleva a una transición inevitable del transporte rodado hacia nuevas soluciones y, en particular, a la propulsión eléctrica. Sin embargo, el TTIE considera que, ya que esto supondrá un importante cambio en la mentalidad no sólo de los consumidores, sino también en la de los modelos de actividad empresarial y, sobre todo, en las tecnologías involucradas, lo que requerirá un gran esfuerzo en términos de I+D+i, solo se podrá llevar a cabo con una acción importante liderada desde los poderes públicos, y con la contribución convencida de los actores principales. Para ello, y debido a la complejidad del proceso, esta intervención deberá basarse en una visión global a largo plazo del problema, definiendo los objetivos en relación a la movilidad sostenible de personas y mercancías, identificando muy bien los actores del cambio y los incentivos para que este ocurra.
- Es de destacar que la consecuencia a largo plazo de estos cambios será muy amplia, influyendo en el suministro de materias primas, tanto presentes como futuras, en los componentes y en los vehículos, en la generación y distribución de electricidad, con la creación de nuevas infraestructuras y nuevos servicios, sin olvidar nuevas oportunidades para la industria del reprocesamiento y reciclado. Estos aspectos tienen que estar considerados y valorados para una correcta generación de las nuevas estrategias.
- Además, las prioridades de investigación tendrán que encaminarse hacia una estrategia común de acciones conjuntas que involucren tanto a los agentes públicos como

a los privados. Teniendo en cuenta el tiempo necesario para proceder al cambio, hacen falta estrategias estables y a largo plazo, especialmente porque las políticas de carácter estructural tardan mucho en ejecutarse y deben planearse con gran antelación de manera que ofrezcan garantías a los diversos participantes en el mercado.

- Al proyectar el futuro del sistema de transporte deberían considerarse todos los elementos de sostenibilidad, incluyendo los aspectos energéticos, los que afectan al funcionamiento de los medios de transporte (emisiones, ruido) y a la creación de la infraestructura (uso del suelo, biodiversidad) y no olvidando los aspectos industriales y de competitividad.
- En España, que no se posee una empresa de vehículos de capital nacional aunque sí una fuerte industria de componentes, se reduce la capacidad de tomar decisiones en relación hacia donde deben de ir los nuevos cambios. En cualquier caso, dada la importancia económica del sector en nuestro país, independientemente de la política energética y medioambiental, la política industrial, la de empleo y otras muy relacionadas serán elementos importantísimos en el proceso de cambio.
- La evaluación de impacto de las políticas que se definan y de las decisiones que éstas impliquen en todo el ciclo de generación y aplicación, y la comparación de opciones, es un ejercicio fundamental e ineludible que se debe hacer de forma transparente y presentarse a la opinión pública.
- Considerando que la búsqueda de la sostenibilidad es un buen generador de nuevos negocios, el TTIE considera que queda por evaluar el valor de la resistencia al cambio por la difícil situación económica que buscará defender acciones exclusivamente en apoyo de la competitividad y el empleo a corto plazo.
- Sin duda, el precio del petróleo va ser determinante para definir la necesidad del ciudadano a cambiar su modelo de trabajo y movilidad. Según advierte la Agencia Internacional de la Energía, la era del petróleo barato se ha acabado, una tendencia que, pese a encontrarse en su fase inicial, se deja notar ya en las estaciones de servicio. El potencial de la gestión de la demanda no ha sido suficientemente considerado en las políticas desarrolladas en el pasado, pero se considera, sin embargo, cada vez más valorado en las políticas modernas de movilidad urbana. A la par del inevitable aumento del coste del transporte en general, se deben desarrollar políticas de información y de educación del usuario, y de todos los agentes de la sociedad, para incentivar la optimización de los medios de transporte con vehículos privados motorizados, obteniendo importantes beneficios en términos de reducción de la congestión del tráfico, menores emisiones de contaminantes y mayor bienestar general.

- La competitividad de la economía de la UE dependerá de su capacidad de adaptarse a la innovación y a las nuevas necesidades de mercado. Hay que velar para que las nuevas condiciones sean fuentes de nuevos empleos. La enorme competencia que ejercen los países emergentes exige a los países desarrollados mantener un mercado de trabajo con gran valor añadido en el que la innovación y el cambio hacia sistemas más eficientes sea una constante.
- Dada la magnitud que se prevé del mercado de vehículos eléctricos e híbridos enchufables en China, sea cual sea este valor que difiere sensiblemente según diferentes autores, y de acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía, el empuje de este país para acelerar la expansión de estas tecnologías va a jugar un papel clave en la disminución de los costes en beneficio de todos los países.
- Para el cambio, como se ha dicho, las nuevas tecnologías eficientes y competitivas van a ser determinantes por lo que contar con un sistema de innovación de calidad es fundamental. Podemos decir que España, a pesar de tener un buen perfil de especialización tecnológica en el sector transporte en comparación con los otros países, su nivel de innovación no es fuerte. En cambio, los avances tecnológicos en el macro sector de transporte tienen en el subsector de componentes un elemento muy destacable que debe ser contemplado en cualquier estrategia de fomento de la innovación en general y en el uso de la energía en particular.
- La innovación en componentes y el desarrollo de tecnologías de la información y comunicación (TICs) será imprescindible en todos los vínculos de unión entre sectores y dentro de los mismos.
- Hay una necesidad de desarrollo de tecnologías para los vehículos, pero también de establecer modelos de colaboración de sistemas de comunicación que conduzcan a una mayor eficiencia en el uso de la energía. La movilidad sostenible debe basarse no solamente en vehículos más limpios e inteligentes, sino en estrategias de vehículos conectados y en una eficiencia energética en todo el sistema. Se necesitan nuevos acuerdos de colaboración tecnológica, especialmente, en aquellos sectores que se están viendo vinculados cada vez más al vehículo en el futuro: compañías energéticas, de infraestructuras y de TICs.
- La colaboración internacional va a ser absolutamente necesaria para llevar al éxito este proceso de generación e introducción al mercado de las nuevas tecnologías en forma de nuevos vehículos, nuevos combustibles y nueva infraestructura, no solo por la complejidad y magnitud del esfuerzo de generación de éstas sino por la necesidad

imperiosa de la definición e implementación real de nuevas normas y estándares de carácter internacional para la interoperabilidad en las diferentes áreas –como la seguridad, el área técnica de interacción con la infraestructura, etc.– que facilite la utilización, a nivel internacional, de los diferentes productos con nulas o muy reducidas barreras técnicas.

- Pero también el éxito solo se conseguirá con la aceptación por parte del consumidor de los nuevos cambios. La plataforma europea parece un vehículo esencial para conseguirlo.
- Para las diferentes tecnologías disponibles, es necesario realizar una valoración global de los factores que afectan a las emisiones de GEI, a los contaminantes locales y a la seguridad de suministro energético, realizando estudios del pozo al tanque y de ciclo de vida de la producción de materias primas y su reutilización.
- Todas las tecnologías disponibles, los motores y combustibles convencionales y las alternativas referidas en este documento, deben contribuir al cambio, porque cada una de ellas tiene sus propios inconvenientes y barreras que presentan incertidumbres para alcanzar su máximo potencial. Se ha demostrado en repetidas ocasiones que los tiempos para el desarrollo tecnológico y la introducción en los mercados son difíciles de predecir. Por lo tanto, el camino a seguir debe de ser la combinación de varias de estas tecnologías, incluso si ello supusiera mayores costes de inversión para el adecuado desarrollo de las infraestructuras de producción y distribución.
- Los combustibles alternativos gaseosos, como el gas natural y los gases licuados de petróleo, son utilizados ampliamente en las flotas de transporte urbano pero su uso generalizado es todavía limitado. El éxito de su implantación pasará por el establecimiento de una red de puntos de carga que permita el acceso a un mayor número de clientes potenciales y, en definitiva, del establecimiento de compromisos a medio y largo plazo que permitan mejorar la penetración en el mercado de estos carburantes, contribuyendo así a la diversificación energética y a la reducción de emisiones contaminantes.
- Los biocombustibles de segunda generación, además de presentar las ventajas de diversificación energética y reducción de emisiones contaminantes, tienen un gran potencial de reducción de emisiones de CO₂. La implantación de sistemas de contabilización de emisiones de CO₂ y de sistemas de verificación de sus procesos de producción, deberían permitir a los reguladores y a los mercados diferenciar mejor entre los diferentes biocombustibles.

- El hidrógeno y las pilas de combustible se plantean como una alternativa a medio y largo plazo aunque presentan un importante número de incertidumbres en su futuro que requieren de medidas políticas, fiscales y de mercado planificadas que favorezcan el desarrollo de la infraestructura necesaria y de su penetración en los mercados.
- El vehículo eléctrico, más que una tecnología, es un nuevo modelo (o modelos) de negocio, cuyo futuro depende en gran medida de que los incentivos, retos y oportunidades que se planteen para todos los actores implicados estén alineados en un mismo interés.
- El desarrollo de proyectos de demostración de gran envergadura, incluyendo las infraestructuras de recarga y los nuevos vehículos en funcionamiento real, es una palanca importantísima para probar nuevas modalidades de movilidad sostenible. Se necesitan ecosistemas completos donde probar no solo nuevas tecnologías, sino la viabilidad de nuevos modelos de negocio, siendo, además, si se utilizan de forma apropiada, un instrumento muy potente para el convencimiento del usuario, que debe de estar continuamente informado sobre los progresos conseguidos. Las Administraciones públicas juegan un papel clave en incentivar económicamente el sector, pero también a la hora de facilitar que los diferentes participantes del mercado se pongan de acuerdo. Por esto, al definir desarrollos de proyectos de demostración es importante identificar eficazmente los actores comprometidos y los objetivos concretos a demostrar, porque en este caso se trata, quiérase o no, de un producto de gran consumo con especial relevancia para cualquier ciudadano. El seleccionar ciertas regiones o áreas metropolitanas, que están dispuestas a adoptar las nuevas tecnologías tempranamente y en las que se desarrollen e implementen estos macro proyectos, se considera inicialmente como un enfoque eficaz.

2. Recomendaciones

El TTIE considera de utilidad aportar una serie de recomendaciones como complemento a las conclusiones presentadas, dirigidas en particular a los más altos responsables de la toma de decisiones en la Administración y en las empresas.

1. Se considera que la evolución del transporte hacia un sistema eficiente y descarbonizado en el uso de la energía es absolutamente necesaria para cumplir con los objetivos que la UE y España se han fijado en el área energética y medioambiental a medio y largo plazo. Estos objetivos solo se podrán cumplir con una importante aceleración de la generación y el despliegue de las tecnologías bajas en carbono en el

sector del transporte y deberá desarrollarse con una importante dosis de colaboración internacional, en particular en el contexto europeo. Esta colaboración permitirá disminuir los costes y alcanzar las capacidades de generación de tecnologías en línea con el tamaño de los mercados globales que España no puede conseguir por sí sola. A su vez, debe ser el canal a través del cual se genere la definición e implementación real de nuevas normas y estándares de carácter internacional para la interoperabilidad en las diferentes áreas –como la seguridad, el área técnica de interacción con la infraestructura, etc.– que facilite la utilización de los diferentes productos con nulas o muy reducidas barreras técnicas

Este proceso, que se considera útil y necesario, debe considerarse como una oportunidad que, aprovechada apropiadamente, ayudará a salir de la presente crisis económica con un nuevo modelo productivo y en condiciones de competir globalmente con una sociedad basada en el conocimiento, en la cual se da a la energía la importancia que ésta se merece en el ámbito económico, social y político.

2. El cambio no se va a generar por sí mismo al ritmo que permitiría conseguir los objetivos identificados en materia energética y medioambiental, sino que es necesario incentivarlo y guiarlo apropiadamente. Para ello, en España, desde los poderes públicos, y partiendo de una visión holística completa generada en acuerdo con los actores principales, se debe aportar el liderazgo institucional necesario para que éstos se organicen y se posicionen adecuadamente, identificando objetivos ampliamente consensuados a nivel político y empresarial, a medio y largo plazo, en todas las áreas que se verán afectadas por este cambio (energía, medio ambiente, industria, empleo, etc.), y tal que aporten certidumbre y estabilidad al proceso y apoyándolo políticamente y con los recursos necesarios a lo largo de su andadura.

En la definición de estos objetivos se deben tener en cuenta los aspectos específicos que beneficiarían a España, tal como el hecho de que en nuestro país no hay una empresa de automóviles de capital nacional y sí una industria fuerte de componentes con una capacidad innovadora importante, o el hecho de que España cuenta en el sector energético con empresas competitivas en el ámbito internacional de gran importancia.

Es vital identificar muy bien los actores del cambio, qué información aportarles y por qué vías, y cuáles deberían ser los incentivos que éstos reciban para que éste ocurra.

3. Este proceso supondrá un importante cambio en la mentalidad no sólo de los consumidores, sino también en los modelos de actividad empresarial y, sobre todo, en las tecnologías involucradas, lo que requerirá un gran esfuerzo en términos de I+D+i,

que solo se podrá llevar a cabo con una acción importante liderada desde los poderes públicos, y con la contribución convencida de los actores principales del proceso de innovación. Para ello, y debido a la complejidad del proceso, esta intervención deberá basarse en una visión global a largo plazo de las actividades de I+D+i a desarrollar, dando enorme importancia al proceso de penetración de las tecnologías en el mercado y tal que las prioridades de desarrollo de nuevas tecnologías se basen en una estrategia común de acciones conjuntas que involucren tanto a los agentes públicos como a los privados.

El Grupo considera que el desarrollo de proyectos de demostración de gran envergadura es una palanca importantísima para probar nuevas modalidades de movilidad sostenible. Se necesitan ecosistemas completos donde probar no solo nuevas tecnologías, sino la viabilidad de nuevos modelos de negocio, y para contribuir al convencimiento del usuario.

Es necesario disponer de un marco favorable y ergonómico para la introducción de nuevas modalidades de movilidad sostenible en el mercado. Y para ello, la estrategia va a depender de la tecnología y de su fuente energética. No tendrá la misma necesidad el marco para el vehículo eléctrico que para el biocarburante. Las Administraciones públicas juegan un papel clave no solo en incentivar económicamente el sector, sino también a la hora de facilitar que los diferentes participantes del mercado se pongan de acuerdo para que el marco sea adecuado a cada problemática concreta.

4. Para este cambio se van a definir y aplicar políticas en muchos ámbitos, como en el energético, medioambiental, industrial, el de la innovación y en muchos otros. La evaluación del impacto global de todas estas políticas es necesaria a priori y en el curso del largo proceso de su aplicación, siendo necesaria su presentación a los poderes públicos y a la opinión pública para su entendimiento y aceptación.
5. Hay una necesidad de desarrollo de tecnologías para los vehículos y los combustibles, pero además es necesario establecer modelos de colaboración de sistemas de comunicación que conduzcan a una mayor eficiencia en el uso de la energía. La movilidad sostenible debe basarse no solamente en vehículos más limpios e inteligentes, sino en estrategias de vehículos conectados y en una eficiencia energética en todo el sistema. Se necesitan nuevos acuerdos de colaboración tecnológica, especialmente, en aquellos sectores que se están viendo vinculados cada vez más al vehículo en el futuro: compañías energéticas, de infraestructuras y de TICs.
6. El TTIE considera que, teniendo en cuenta el tiempo necesario para que se materialice el cambio en el sector del transporte, es imperativo el comenzar a moverse desde ya con estrategias estables y a largo plazo propiciadas desde la Administración.

APÉNDICE I: Empresas del sector de fabricación de componentes para la industria del transporte por carretera

Cuadro 1: Distribución por tamaños

	Nº EMPRESAS	% EMPLEO DEL SECTOR
1-10 EMPLEADOS	393	34,2
11-50 EMPLEADOS	423	36,82
51-200 EMPLEADOS	191	16,62
MÁS DE 200 EMPLEADOS	142	10,01
TOTAL	1.149	

Fuente: Elaboración propia con datos de la base de datos SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos)

Cuadro 2: Empresas innovadoras

	Nº EMPRESAS	HACEN I+D		INNOVAN*	
		TOTAL	%	TOTAL	%
1-10 EMPLEADOS	393	1	0,25	6	1,53
11-50 EMPLEADOS	423	29	6,86	87	20,57
51-200 EMPLEADOS	191	67	35,08	163	85,34
MÁS DE 200 EMPLEADOS	142	55	38,73	117	82,39
TOTAL	1.149	152	13,23	373	32,46

Fuente: Elaboración propia con datos de la base de datos SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos)

* Consideramos que innovan si han hecho algún gasto en I+D, patentes o aplicaciones informáticas

Cuadro 3: Esfuerzo innovador medio

	% gasto I+D/VA
1-10 EMPLEADOS	0,80
11-50 EMPLEADOS	2,44
51-200 EMPLEADOS	10,97
MÁS DE 200 EMPLEADOS	7,79
TOTAL	7,80

Fuente: Elaboración propia con datos de la base de datos SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos)

APÉNDICE II: Bibliografía

A continuación se ofrece, una relación de algunas de las referencias y fuentes consultadas por orden alfabético:

- Conclusiones del Consejo sobre la Comunicación de la Comisión "*Second Strategic Energy Review-An EU energy security and solidarity action plan*". Comisión Europea. Febrero 2009. Bruselas.
- Documentación congreso de la movilidad sostenible y eficiencia como motor de la innovación tecnológica. Recinto Ferial Juan Carlos I-IFEMA. Mayo de 2010. Madrid.
- Documentación jornada "El vehículo eléctrico". Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid (COIIM). Enero 2010. Madrid.
- Documentación jornada "El vehículo eléctrico: utopía o realidad". Club Español de la Energía. Noviembre 2009. Madrid.
- Documentación jornada "Vehículos Alternativos. Eléctricos e híbridos enchufables". Intereconomía Conferencias. Mayo 2010. Madrid.
- *Electric Power Research Institute (Spring 2008): Plug in Hybrids on the Horizon. Building a business case. EPRI journal.*
- El impulso económico del coche eléctrico (Revista Geoeconomía). Instituto Choiseul España. Verano 2010. Madrid.
- *Energy Technology Perspectives 2008 y 2009.* Agencia Internacional de la Energía. París.
- Estrategia integral para el impulso del vehículo eléctrico en España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Abril 2010. Madrid.

- *EU energy and transport in figures*. Statistical Pocketbook 2010. Comisión Europea. 2010. Bruselas.
- Guía del vehículo eléctrico. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Diciembre 2009. Madrid.
- *Joint Statement on the launch of the European Wind, Solar, Electricity Grids and Carbon Capture and Storage Industrial Initiatives*. Comisión Europea. Junio 2010. Madrid.
- Movilidad Sostenible: Retos para la implantación del vehículo eléctrico en España. Booz & Company Inc. 2010. Madrid.
- Nuevos combustibles y tecnologías de propulsión: situación y perspectivas para automoción. Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil. Noviembre 2008. Madrid.
- Opinión del subgrupo de transportes de la PTE HPC sobre el vehículo eléctrico. Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y Pilas de Combustible.
- *Opportunities for the Use of Renewable Energy in Road Transport. Policy Makers Report*. IEA–Renewable Energy Technology Deployment. Marzo 2010. París.
- Presentación de Fernando Temprano Posada, Director de Tecnología de Repsol, sobre la demanda tecnológica en Repsol durante la jornada “El potencial de I+D+i español en el área de las tecnologías energéticas: la oferta y la demanda”. Club Español de la Energía. Septiembre 2010. Madrid.
- Presentación de José M^a López Martínez, Subdirector del INSIA-UPM, sobre ahorro y eficiencia en el sector transporte para el Curso Superior de Negocio Energético del Club Español de la Energía. Febrero 2010. Madrid.
- Presentación de Rafael Sánchez Durán, Subdirector de Estrategia para España y Portugal de Endesa, sobre el transporte sostenible en los Talleres de Ahorro y Eficiencia Energética organizados por Club Español de la Energía. Noviembre 2010. Madrid.
- Real Academia de Ingeniería: “La contribución de las TIC a la sostenibilidad en España”, Capítulo 11: “Una nueva generación de vehículos: Los eléctricos”. Miguel Ángel Sánchez Fornié (Iberdrola), Francesc Andreu (NISSAN Iberia), Alberto Carbajo (REE), José Corera (Iberdrola) y Juan Manuel Rodríguez (REE). Académico revisor: José Ignacio Pérez Arriaga.

- *Research of the EU automotive industry into low-carbon vehicles and the role of public intervention*. Institute for the Prospective Technological Studies (IPTS), Comisión Europea. 2010. Sevilla.
- Resumen ejecutivo "*Transport, Energy and CO₂: Moving towards sustainability*". Agencia Internacional de la Energía. Octubre 2009. París.
- Resumen y conclusiones del foro BP 2009 sobre Energía y Sostenibilidad. Cátedra BP de Desarrollo Sostenible (Universidad Pontificia Comillas) en colaboración con Club Español de la Energía. Junio 2009. Madrid.
- *Press release "Transport, Telecommunications and Energy"*. Comisión Europea. Diciembre 2009. Bruselas.
- *Spanish Capabilities in the Eco-electro Road Mobility Sector and the FP7 Green Cars Initiative*. TecnoEbro, CDTI y SERNAUTO. Marzo 2009. Madrid.
- *World Energy Outlook 2010*. Agencia Internacional de la Energía. Noviembre 2010. París.

Edición y distribución:



CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA
INSTITUTO ESPAÑOL DE LA ENERGÍA

Paseo de la Castellana, 257- 8ª planta - 28046 Madrid
Tel.: 91 323 72 21 / www.enerclub.es