

ANALISIS DEL MAPA DE RUTA DEL H₂ SEGUN HYWAYS PARA ESPAÑA

1 INTRODUCCIÓN

1.1 HyWays

HyWays es un proyecto subvencionado por la comisión europea dentro del 6º PM. La finalidad de este proyecto es desarrollar un “mapa de ruta” validado y bien aceptado para la introducción del hidrógeno en los sistemas energéticos europeos.

La principal característica de este “roadmap” es que trata de reflejar las condiciones de la vida real de cada país, teniendo en cuenta no sólo las barreras y oportunidades tecnológicas, sino también las geográficas, socioeconómicas e institucionales. Hyways describe los futuros pasos necesarios para adoptar el hidrógeno como portador de energía en el mercado de energía y transporte y como sistema de almacenamiento energético en las energías renovables.

Además, HyWays tiene un valor añadido y es que la Comisión Europea ha validado sus resultados y los va a tener en cuenta en la elaboración de su plan de acción europeo en H2 y PC: “Plan de acciones para la Comisión Europea para la elaboración de una Hoja de Ruta Europea sobre la Energía del Hidrógeno en los países miembros”.

El proyecto HyWays consiste en la realización de una hoja de ruta europea a escala transnacional para la introducción del hidrógeno en los sistemas energéticos europeos incluyendo las aplicaciones estacionarias y móviles. En total 10 países europeos han sido seleccionados para contribuir con sus puntos de vista en este proyecto: Holanda, Francia, Alemania, Italia, Grecia y Noruega durante la primera fase y Finlandia, Polonia, Reino Unido y España en la segunda.

Con el fin de determinar el impacto de una futura economía del hidrógeno el proyecto HyWays necesita definir un escenario base de partida, unos criterios de evolución para el mismo y unas necesidades energéticas para el hidrógeno. Para ello ha utilizado documentación y modelos socio-económicos validados por los países participantes, así como la opinión de expertos nacionales de los sectores involucrados.

1.2 *El Grupo de Análisis de Capacidades (GAC)*

El Grupo de Análisis de Capacidades (GAC), tiene como principal objetivo el identificar, con el máximo detalle la situación en la que se encuentra el sector del hidrógeno y las pilas de combustible en España, desde el punto de vista del capital humano científico y tecnológico, las infraestructuras, la producción de tecnología y la oferta de servicios.

Las conclusiones de este grupo deberán servir como base de partida para diseñar una estrategia española en el sector del hidrógeno y las pilas de combustible.

La composición actual del grupo de Análisis de Capacidades es la siguiente:

- AIJU: Joaquín Vilaplana Cerdá, Rubén Beneito
- ARIEMA Energía y Medioambiente, SL: Rafael Ben
- BIOGAS FUEL CELL, SA: Marcos Díaz, Alfredo Martín, Antonio Dominguez
- CARBUROS METALICOS, S.A: Carmen Esquius; M^a del Mar Arxer
- CINTTEC / Universidad Rey Juan Carlos: Santiago Romo, Juan Manuel García

- CNETHPC: María Jaén, Daniel Esteban
- CSIC-ITQ-UPV: Antonio Chica Lara
- EGC España: Vicente Tanasi, Eugenio Castro
- Fundación CIDAUT: Yolanda Briceño
- Fundación INASMET: Iñaki Azkarate Peña
- Fundación FITSA: Donia Razazi, Almudena Muñoz
- Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrogeno en Aragón: Leire Romero
- INTA: Pilar Argumosa, Esther Chacón
- INVERSIONES TOELEN S.L.: Abel Martínez
- RED DE PILAS DE COMBUSTIBLE CSIC-Universidad: José Luis Acosta
- SILIKEN: Dietmar Geckeler

Este grupo debe alcanzar los siguientes objetivos:

- Clasificar todos los actores involucrados en los diferentes eslabones de la cadena del hidrógeno y las pilas de combustible, desde un punto de vista sectorial:
 - Formación
 - Ciencia
 - Tecnología-Ingeniería
 - Gestión
 - Usuarios finales
- Clasificar todos los actores involucrados en los diferentes eslabones de la cadena del hidrógeno y las pilas de combustible, desde un punto de vista de aplicación técnica:
 - Producción de hidrógeno
 - Almacenamiento y distribución de hidrógeno
 - Desarrollo / fabricación de pilas de combustible y de sus componentes
 - Ensayo de pilas de combustible y de sistemas integrados
 - Desarrollo / fabricación de tecnología en los sectores de aplicación del hidrógeno:
 - Transporte
 - Estacionario
 - Portátil
 - Estudios políticos, socioeconómicos, de seguridad y normativa
- Identificar las líneas de actuación y de los proyectos con participación española en hidrógeno.
- Identificar las plantas piloto o de demostración donde actualmente se produce hidrógeno y de las zonas /instalaciones con más potencialidad para hacerlo.
- Identificar los recursos energéticos disponibles con potencialidad para producción de hidrógeno y de las infraestructuras existentes de transporte y distribución: gas, electricidad, transporte marítimo.
- Identificar los sectores industriales limítrofes que pueden ser protagonistas de la transformación tecnológica que exigen el hidrógeno y las pilas de combustible, como automoción, químico, plástico y energético.
- Identificar las fortalezas y debilidades del sector.
- Identificar posibles desconexiones entre elementos del sistema formación-ciencia-tecnología-empresa.

2 OBJETIVOS DEL DOCUMENTO

El Grupo de Análisis de capacidades se ha encargado de analizar los resultados del Hyways publicados en 2008, con el objetivo de plasmar estos resultados en un documento en español, que recoja las hipótesis, datos empleados y resultados de una forma clara y sencilla.

Con este Informe además se pretende evaluar si los resultados obtenidos por el proyecto HyWays para España se consideran “válidos” por los expertos que forman el Grupo de Análisis de Capacidades de la PTE HPC.

3 METODOLOGIA DEL HYWAYS

HyWays difiere de otros mapas de rutas por su metodología, ya que la información se ha obtenido de numerosos talleres de trabajo “Workshops” en los estados miembros que participaban en el proyecto y de modelos matemáticos que consideran tanto la tecnología como los aspectos socioeconómicos.

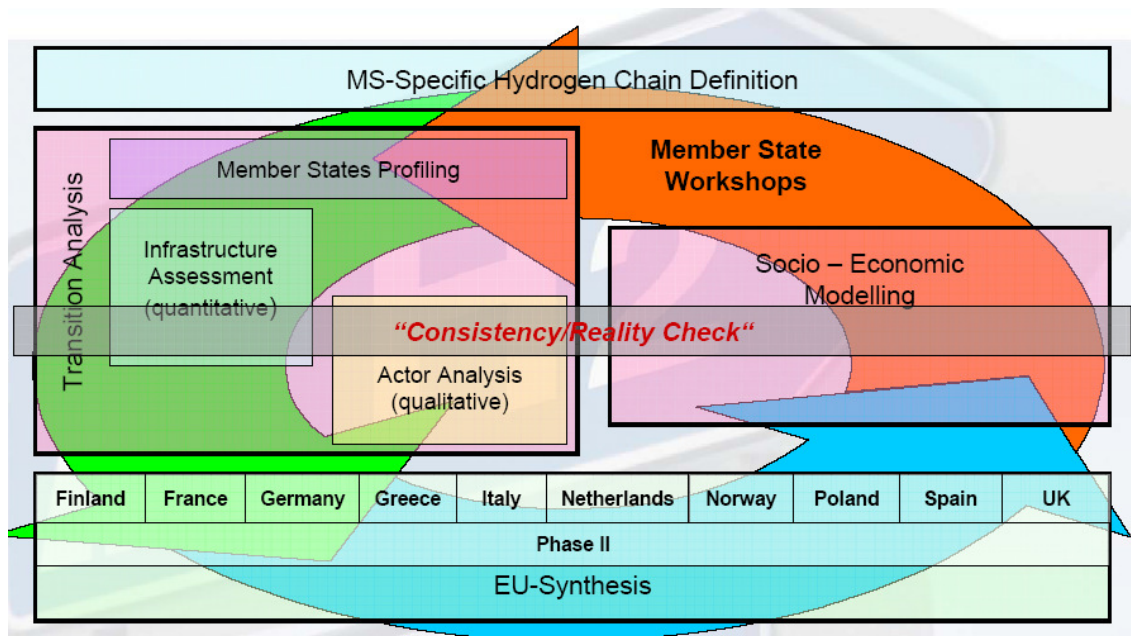


Fig. 1: Metodología del HyWays:
Escenario base + modelización+cadenas+ Workshops +resultados

Los talleres de trabajo o “workshop” generaban un perfil del país consensuado entre las entidades participantes relacionadas con las tecnologías del hidrógeno (industrias gasistas, empresas de servicios energéticos, pymes, centros de investigación y tecnológicos, ingenierías, instituciones públicas,...). Estos perfiles incluyen la definición de las cadenas energéticas, las tendencias y las condiciones específicas del país que permiten validar los resultados matemáticos obtenidos.

Los métodos matemáticos empleados en el HyWays son métodos cuantitativos (modelos económicos y energéticos) y cualitativos (basados en investigaciones previas). Una descripción mas detallada de los mismos se encuentra en el anexo I:

- E3-Database¹
- Markal²

¹ Desarrollado por el LBST

- ISIS³
- Pace-T⁴
- COPERT III⁵
- MOREHys⁶: Empleado parcialmente en el análisis de infraestructura.

Las cadenas de H2 elegidas por España se han modelado con la herramienta **E3-Database**, utilizando la base de datos de los estudios WTW del JRC/CONCAWE/EUCAR del 2003⁷ y GEMIS (Global Emission Model for Integrated Systems)⁸. Se calculan y comparan las emisiones de efecto invernadero, la eficiencia energética y los costes económicos de cada una de las cadenas y sus eslabones: producción, almacenamiento, transporte, conversión y uso final de acuerdo a los estudios de ciclo de vida.

Las cadenas “más prometedoras” se introducen en el modelo **MARKAL**, que es un modelo en el que se detalla la tecnología. Este método sirve para determinar la combinación más económica para una demanda de energía concreta.

Una vez escogidas las mejores cadenas, en función de aquellas que generan menos contaminantes y menos costes, y teniendo en cuenta las fuentes disponibles, este modelo permite:

- Optimizar el diseño de un sistema energético con la introducción del H2
- Identificar el impacto en políticas (como las de reducciones de emisiones)
- Identificar los impactos del H2 (emisiones CO2, costes energéticos)

E3-Database y **MARKAL** son modelos para el sector energético, pero no lo relacionan con otros sectores de la economía.

El siguiente paso ha sido integrar estos resultados en los modelos **ISIS** y **PACE-T** (modelos macroeconómicos). Estos modelos emplean como “inputs” datos de nivel de producción, consumo de energía y emisiones de CO2 para analizar la interacción económica global. Con estos modelos los resultados de innovación en investigación pueden transformarse en efectos en el empleo y en el PIB.

Las emisiones se calculan empleando el modelo COPERT III.

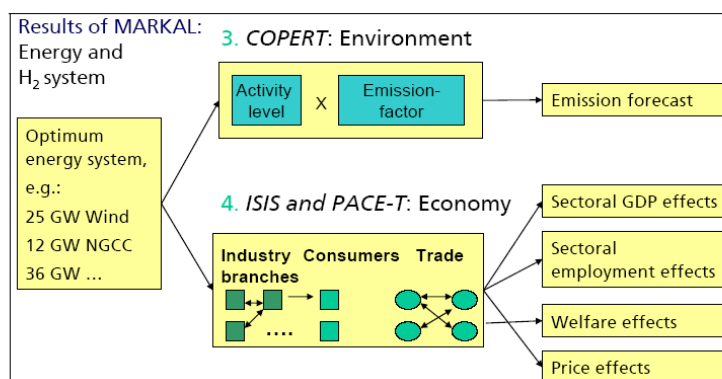


Fig 2: Relación de datos de entrada/salida entre los modelos.

² <http://www.etsap.org/markal/main.html>

³ Input Output model ISIS. (Integrated Sustainability Assessment System) desarrollado por FhG-ISI

⁴ Dynamic computable general equilibrium (CGE) model, developed at Centre for European Economic Research (ZEW), Mannheim.

⁵ <http://lat.eng.auth.gr/copert/>

⁶ Model for Optimization of Regional Hydrogen Supply based on the open source BALMOREL and developed for Germany.

⁷ <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW>

⁸ <http://www.oeko.de/service/gemis/en/>

4 ESCENARIO BASE

4.1 *Introducción*

Con el fin de determinar el impacto de una futura economía del hidrógeno el proyecto HyWays, como cualquier estudio sobre un “mapa de ruta”, requiere un escenario base de partida, unos criterios de evolución para el mismo y unas necesidades energéticas para el hidrógeno.

Hay que tener en cuenta que con el desarrollo tecnológico actual y bajo las condiciones presentes, parece claro que el hidrógeno no es una alternativa competitiva a los existentes vectores energéticos, como la electricidad. Para valorar en qué momento y bajo qué condiciones llegaría a ser un elemento importante en el sistema energético, debe desarrollarse un escenario de referencia. En dicho escenario debe representarse lo que sucedería si el mundo continuase con un desarrollo como el seguido hasta ahora, con las tendencias energéticas, políticas, sociales y económicas marcadas actualmente.

En este proyecto no se pretendía desarrollar un nuevo escenario, sino utilizar como base uno ya aceptado por Europa. Es de destacar que estas proyecciones a largo plazo pueden no reflejar la realidad, debido a cambios políticos y económicos que puedan variar la tendencia actual. Por esta razón, se intentó complementar el escenario base con modificaciones u otros escenarios que se centraran más en factores políticos y medioambientales.

Así en el marco energético, el consorcio de HyWays decidió elegir como escenario base, el marco macro-económico y demográfico presentado en el documento “**European Energy and Transport: Trends to 2030**- Office for Official Publications of the European Communities”⁹ (**Energy Trends 2030**) desarrollado a partir del modelo PRIMES¹⁰.

Durante la primera fase del HyWays, la evolución de los precios de combustible se tomó del *Energy Trends 2030 scenario*. En el periodo de duración de esta fase (2003-2005), los combustibles experimentaron un notable encarecimiento y los datos proyectados por el *Energy Trends 2030* ya no reflejaban la tendencia del mercado y eran irrealmente bajos. Por ello, en la segunda fase del proyecto (2005-2007), donde se incluyó a España, se decidió cambiar los precios de la energía y actualizarlos con los del estudio WETO-H2¹¹.

Con respecto al marco político en el que el hidrógeno posiblemente se desarrollaría, el escenario *Energy Trends 2030* sólo incluye medidas políticas en vigor al final de 2001. Esto supone que hay importantes efectos que se están omitiendo como por ejemplo el cambio climático. Como ampliación, HyWays contempla las medidas políticas aprobadas hasta 2004, incluyendo diferentes objetivos referentes a la penetración de energías renovables, reducción de emisiones de CO₂, estimaciones sobre el potencial y límites de diferentes recursos de acuerdo a fuentes internacionales, Naciones Unidas,...

4.2 *Datos de entrada e hipótesis adicionales*

El escenario Energy Trends 2030 se basa en proyecciones de evolución de los factores condicionantes para la demanda energética usados en la Unión Europea.

El crecimiento demográfico y el crecimiento económico son factores determinantes en las tendencias energéticas futuras, por ello el modelo PRIMES utiliza tanto los datos históricos como las estimaciones del Producto Interior Bruto (PIB), el tamaño de la población y la composición de las familias, proporcionadas por EUROSTAT.

⁹ http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/trends_2030/index_en.htm

¹⁰ PRIMES es un modelo desarrollado para el sistema energético de la UE por la U T Nacional de Atenas,

¹¹ ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/energy/docs/weto-h2_en.pdf

Para España considera un ligero aumento de población entre 2000 y 2010 (0.29%) que pasa a disminuir en los siguientes años (-0,08% en 2010/2020 y -0.24% en 2020/2030). Respecto al PIB se estima un crecimiento anual de más del 2.6% para las siguientes décadas.

Pero algunos de los parámetros de este escenario base han sido modificados desde el comienzo del proyecto y se detallan a continuación:

4.2.1 Sistema energético

Respecto al balance energético, para España se estima un incremento de producción de energía primaria basada en renovables de un 7.2% hasta el 2010 (debida a un incremento notable de energía eólica (19%), solar (18.5%) y biomasa (7.3%), mientras que la energía procedente de la “basura” crecerá en un 10% antes del 2020.

A la hora de definir el escenario base, también se han tenido en cuenta los siguientes condicionantes:

- El objetivo de la UE del 20% de penetración de energías renovables en energía eléctrica para 2020; y de más del 28% a partir de dicha fecha
- 10% de penetración de biocombustibles para 2020 (conversión de biomasa a hidrógeno)
- Reducción de emisiones de CO2 para 2050 del 35% comparado con los niveles de 1990.
- Además se decidió hacer un estudio de sensibilidad suponiendo una reducción de CO2 del 80%.

Para estimar los recursos para energía doméstica se introdujeron otras restricciones obtenidas de estudios internacionales ya aceptados. Por ejemplo, el potencial de biomasa mundial está basado en el documento EEA de 2006, los límites de capacidad de almacenamiento de CO2 de cada país se han tomado del estudio Martinus, 2005, y la capacidad nuclear total en la Europa de los 15 se ha restringido a 130 GW. Las previsiones para el periodo 2030-2050 se tomaron de otras fuentes públicas como documentación de las Naciones Unidas. No se impone límite para el potencial eólico, pero los resultados se chequearon con estudios que muestran el potencial a largo plazo entre 600 – 3,000 GW para EU15¹² para comprobar su consistencia y credibilidad.

4.2.2 Precio de la energía

El principal factor de la demanda energética es el precio de los combustibles, o mejor dicho, la diferencia de precio entre los mismos. Este factor experimenta cambios bruscos en cortos periodos de tiempo. Así por ejemplo el precio del petróleo se dobló en el año 2000 con respecto al inicio del 1999.

Los precios proyectados en el escenario Energy Trend 2030, se basan en la suposición de que los mercados energéticos globales permanecerán bien suministrados a un coste relativamente modesto durante el periodo 2000-2030. Pero la mayoría de los socios del Hyways consideran estos precios muy bajos e irrealistas y no reflejan el desarrollo del mercado. Por ello el consorcio decidió actualizar los precios de la energía basándose en los supuestos tomados en el estudio WETO-H2, que incluye cambios para el precio del carbón a largo plazo. Hay que tener en cuenta que el precio del carbón no evolucionará de manera independiente del petróleo, debido a la posibilidad de usar carbón líquido procesado. Además se integran estimaciones propias, del consorcio, sobre la biomasa (se espera que aumente lentamente desde 5€/GJ en 2010 a 8 €/MJ en 2030) y los precios del lignito (no incluidos en el WETO-H2).

La evolución de los precios de la energía empleados en el proyecto ha sido la siguiente:

¹² EWEA, 2006; Hoogwijk, 2004; DLR, 2004; Weindorf, 2006

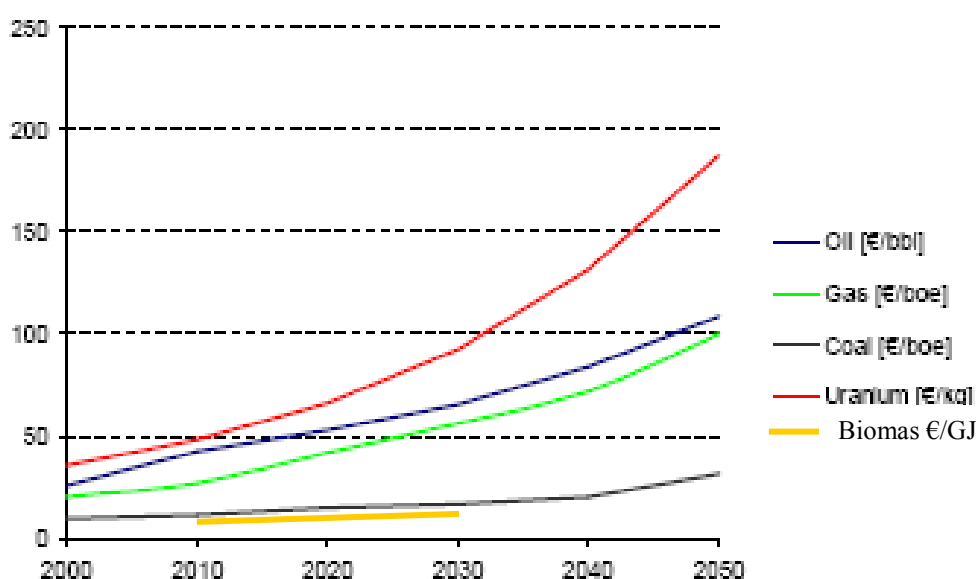


Fig.3: Evolución de los precios de la energía en el escenario base del HyWays (EC, 2006). €₂₀₀₀

Además de estas suposiciones el Hyways considera el mercado eléctrico como un mercado único y óptimo donde no se tienen en cuenta las particularidades regionales o nacionales. Esto implica que el precio de la electricidad está determinado por el precio del combustible y el coste total de la planta, las imperfecciones del mercado, tales como las situaciones de monopolio u oligopolio, así como los subsidios gubernamentales, no se tienen en cuenta.

Debido a la polémica que sigue originando esta cuestión, se consideró una parte esencial del proyecto valorar la sensibilidad de los resultados obtenidos con la variación de los precios de los combustibles. Este análisis de sensibilidad se realiza con el modelo MARKAL. Los precios extremos usados en este tipo de análisis se muestran a continuación:

Table 3.1 Lower and upper values for energy prices used in the sensitivity analysis⁸

		2020		2050	
		Low	High	Low	High
Oil	[€/bbl]	26	81	54	217
Natural gas	[€/boe]	22	68	38	204
Coal	[€/boe]	8	30	8	86
Uranium	[€/kg]	27	66	27	187

Tabla 2: Límites superior e inferior para los costes de la energía empleados en el análisis de sensibilidad. €₂₀₀₀

Los precios reales (medias estadísticas para Europa) de la energía, así como su previsión según la WEO 2007¹³, se muestran en la siguiente tabla:

	2000	2006	2008*	2010	2015	2030
Oil (€/bl)	30.49	57.92	80.80	55.39	53.77	58.18
NG(€/MBtu)	3.06 (2.42)**	6.86 (5.66)**	8.08	6.19	6.22	6.88
NG(€/boe)	17.74 (14.03)**	39.78 (32.83)**	46.86	35.90	36.07	39.90
Coal (€/Tonn)	28.58	53.39	80.80	52.43	59.61	90.14
Coal (€/boe)	8.35	15.61	23.62	15.33	17.43	26.36

Tabla 3: Precios (€₂₀₀₀) de la energía y previsión según la AIE: WEO2007,

¹³ http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/weo_2007.pdf

* Key World Energy Statistics 2009¹⁴

** valores para España

La actualización de las estadísticas de la AIE mostradas en la WEO2007 no se aleja de las previsiones del proyecto HyWays; para 2010 considera un precio del petróleo de 55€/bl frente a 48€/bl del Hyways; y para el Gas Natural de 35€/boe frente a 30€/boe. Los estudios de sensibilidad realizados abarcan con creces estos incrementos.

Lo que no ha tenido en cuenta el Hyways es el gran incremento del precio de las energías sufrido en el año 2008 donde el pico más alto del petróleo llegó a duplicar el valor del 2007, de 55€/bl a 110€/bl; al igual que el carbón y el gas natural. Este dato puede no ser relevante ya que la posterior y actual crisis del 2009, con el descenso de demanda mundial, ha hecho que el precio del petróleo vuelva a descender hasta valores en torno a 32 €/bl, estabilizándose en valores parecidos al 2006: 57 €/bl.

La siguiente gráfica muestra esta tendencia.

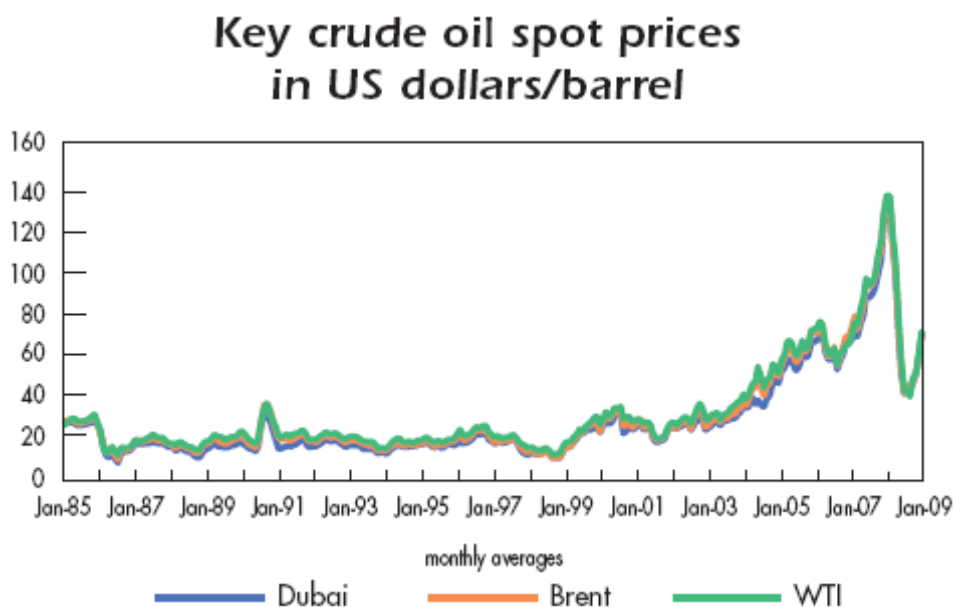


Figura 4: Tendencia en el precio del petróleo. Fuente: Key World Energy Statistics 2009¹⁵

4.2.3 Demanda de vehículos de pasajeros

El sector del transporte juega un papel importante desde el punto de vista de consumo de energía y de implicaciones medioambientales, por lo que el desarrollo del mercado de vehículos de pasajeros, es un parámetro esencial en el desarrollo de la economía del hidrógeno.

Se prevé que este mercado tenga el mayor efecto en volumen sobre las aplicaciones de hidrógeno en los próximos 50 años. Por ello, es vital hacer una estimación realista del crecimiento del sector de transporte. El consorcio del Hyways consideraba las estimaciones del escenario Energy Trend 2030 muy altas, sobre todo para vehículos de pasajeros (un incremento de 1.2% en 2000-2030 en la actividad del transporte por vehículos privados). A la hora de analizar estas modificaciones, hay que tener en cuenta la participación de empresas del sector de automoción alemán tales como BMW, Daimler Chrysler, General Motors, Opel ...

¹⁴ http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2009/key_stats_2009.pdf

¹⁵ http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2009/key_stats_2009.pdf

En la siguiente figura se comparan los datos proyectados por HyWays, obtenidos de extrapolar los datos del *Energy Trends 2030* para los países de la primera fase.

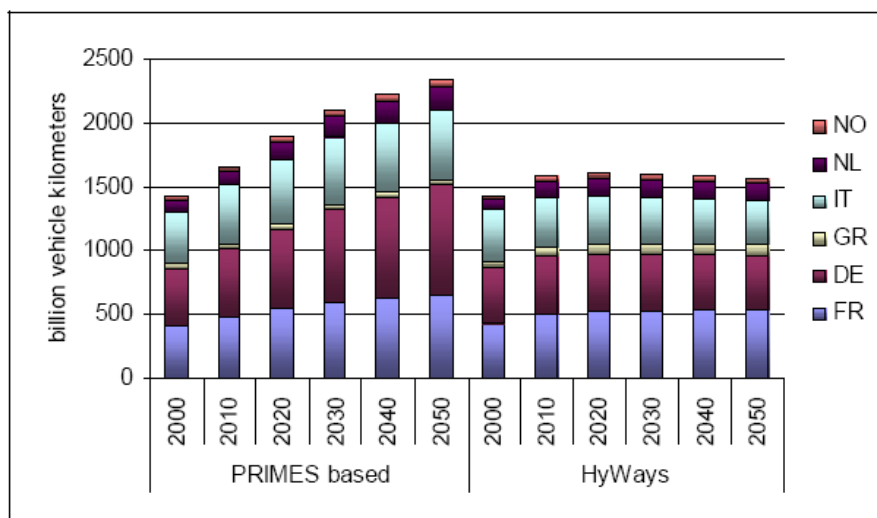


Fig. 4: Proyecciones sobre el número de vehículos de pasajeros en la primera fase del proyecto HyWays: Supuestos del HyWays (dcha.) y supuestos del escenario *Energy Trends 2030* (izda.).

En HyWays se ha tomado una demanda de energía para vehículos de pasajeros un 20% menor y una reducción de la demanda de energía de las flotas de vehículos de un 16% durante el periodo 2000-2030 respecto a los valores del estudio *Energy Trends 2030*. Esto equivale a considerar que la media de coches particulares en los estados miembros en 2030 sería comparable a los niveles actuales en Alemania, unos 540 coches por cada mil habitantes.

4.2.4 Política energética

El marco político y económico en el que el hidrógeno va a desarrollarse es una pieza clave a la hora de valorar el papel que podrá desempeñar. El escenario *Energy Trends 2030* se considera "business-as-usual" (modo rutinario de hacer algo) con la intención de servir como punto de referencia para los escenarios políticos tales como el de cambio climático o eficiencia energética. Estos escenarios intentan mostrar las consecuencias que el desarrollo actual tendría si no se implementan otras medidas nuevas.

El escenario *Energy Trends 2030* sólo incluye medidas políticas en vigor al final de 2001 (enfocadas en la eficiencia energética, reducción de intensidad energética y liberalización del mercado, promoción de energías renovables y moratorias existentes sobre centrales nucleares). Esto implica la omisión de importantes aspectos para el hidrógeno como por ejemplo las medidas políticas sobre cambio climático. Por ello, HyWays añade a su escenario las medidas políticas nacionales aprobadas hasta 2004, pero además incluye algunos objetivos adoptados por la UE, referentes principalmente a las medidas sobre energías renovables y cambio climático (promoción de EERR, reducción de gases de efecto invernadero o aumento de precio de combustibles).

Para renovables, los objetivos están basados en publicaciones oficiales: el 22% de penetración de energías renovables en energía eléctrica para 2010 en EU-15 y más del 27.6% a partir de 2020.

Respecto a los gases de efecto invernadero, Hyways asume que la UE adoptará una política a partir de 2012, que, a pesar de las incertidumbres para la era post-Kyoto, parece claro mantener como objetivo un máximo de incremento de 2°C de temperatura del planeta para el final de siglo. De acuerdo a proyecciones del IPCC (UNEP, 2001) esto supone adoptar una **reducción de emisiones de CO2** para 2050 del 35%, para EU-15, comparado con los niveles

de 1990 (en el escenario base). Alcanzar estos objetivos supone la implementación de esquemas de comercio de emisiones entre sectores y países.

Teniendo en cuenta que el transporte es uno de los sectores examinados en detalle en el proyecto, las medidas políticas sobre emisiones son cruciales para valorar los beneficios del H2. Por lo tanto, en la valoración de las emisiones se han incorporado al escenario político las dos EURO normativas (V y VI)¹⁶ que ponen límites sobre los niveles de emisión de partículas contaminantes y al consumo de combustible. También se incluye la directiva específica sobre los límites en contenido de SO2 en los combustibles.

Estas nuevas normativas ponen límites más restrictivos en las emisiones de material particulado, y NOX. La entrada propuesta a estas normativas es 2009 y 2014 para la homologación y 2011 y 2015 para matriculaciones y venta, con un año más de plazo para las categorías N1 (clase II y III) y N2.

Las últimas tendencias en la política de EEUU sobre medioambiente; el menor empuje en el gobierno de Obama por los vehículos de pila de combustible; el mayor apoyo a la biomasa presente en la CE en los últimos años. ¿Puede influenciar políticamente en el desarrollo de la economía del hidrógeno?:

Respecto a la política internacional de los últimos años hay que considerar el mayor empuje a los coches eléctricos, pero sin olvidar que a pesar de los anuncios hechos en mayo del 2009 del corte de presupuestos en EEUU a los vehículos de combustible el DOE sigue manteniendo un presupuesto de \$187 millones a las pilas de combustible en el FY2010. Así mismo los promotores de la economía del hidrógeno y los fabricantes de coches consideran estas dos tecnologías como complementarias y necesarias y no competencia.

Europa ha continuado con el apoyo a las energías renovables y el transporte “limpio”, subvencionando el desarrollo de iniciativas, por ejemplo: aumentando los presupuestos para “descontaminar” el mar mediterráneo dentro de las áreas prioritarias del grupo Unión por el Mediterráneo¹⁷; con las sucesivas llamadas del 7PM en Energía y Transporte.

Así como la creación de nuevas iniciativas tales como el Plan estratégico europeo de tecnologías energéticas: “hacia un futuro de bajo carbono” (SET-Plan)¹⁸ en 2007 que apoya la creación de una red de “smart cities” para demostrar las energías renovables y “low carbon”, en el comunicado de la comisión al parlamento europeo del 7 de octubre de 2009 plantea las necesidades de inversión para alcanzar unos objetivos superiores a los planteados en Energy Trend 2020¹⁹; el Plan de acción sobre movilidad urbana (septiembre 2009) que anuncia la financiación de nuevos proyectos relacionados con vehículos eléctricos y componentes y la infraestructura necesaria.

Dentro del paquete de acciones de Clima y Energía²⁰, la UE se compromete a abastecer el 10% de los combustibles del transporte a partir de energías renovables (biocombustibles, electricidad renovable e hidrógeno) en 2020.

La creación de nuevas directivas para la “Promoción del uso de energías de fuentes renovables” (2009/28/EC) que excede los objetivos planteados por la CE en el año 2000 debiendo producir las energías renovables el 12% de la energía total en 2010 en la UE y el 21% de la energía eléctrica para poder cumplir los requisitos de CO2 del protocolo de Kyoto y disminuir la dependencia energética. Y la “promoción de vehículos limpios y eficientes” (2009/33/EC) en abril 2009.

Otro dato importante sobre la política medioambiental, reflejado en la comunicación de la CE sobre la “Estrategia de la Unión Europea en el desarrollo sostenible” de julio de 2009

¹⁶ <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l28186.htm>

¹⁷ <http://www.h2euro.org/2009/07/1715>

¹⁸ <http://www.oemiciinn.es/otrasi/set-plan>

¹⁹ <http://www.h2euro.org/wp-content/uploads/2009/10/Communication-from-the-Commission-Investing-in-the-development-of-Low-Carbon-Technologies-SET-Plan1.PDF>

²⁰ http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/citizen_sum/es.pdf

(COM(2009) 400 final), es el planteamiento de la necesidad de que las medidas tomadas para reducir el impacto social y económico de la crisis actual estén en concordancia con la sostenibilidad, planteando la oportunidad de desarrollar una economía y sociedad que promueva y sea más dinámica en lo referente a eficiencia energética y bajas emisiones de carbón. Considera que, a corto plazo, las medidas “verdes” ayudan a reavivar la economía y crear trabajo; y a medio y largo plazo estimulan las nuevas tecnologías y reducen el impacto en el cambio climático.

Específicamente sobre Hidrógeno y Pilas de combustible, cabe destacar la creación y puesta en marcha en 2008 de la JTI de hidrógeno y pilas de combustible con un presupuesto de 470 M€ distribuido por medio del 7PM.

4.3 Escenario de demanda energética

Los tres sectores objetivos del estudio del HyWays son el sector residencial, el comercial y servicios y el sector transporte. Para implementar la demanda en los usos finales de cada país se necesitó información adicional a la que contenía el MARKAL desarrollado para la Europa del Oeste y los países de la primera fase del proyecto, por el ECN. En primer lugar, se utilizaron datos históricos de los niveles de demanda energética de los diez países (en particular para los periodos “modelo” 1990 y 2000), con información detallada del uso final de la energía en los sectores relevantes, estos datos proceden del balance energético de la AIE. Con estos datos se calibra el modelo.

En segundo lugar, se proyecta el futuro uso de la energía, basándose en el consumo histórico y su relación con algunos parámetros directores: la población, el número de familias, el producto interior bruto (PIB) y las materias primas (Petróleo, carbón y gas natural)

Las proyecciones de demanda energética consideradas en *Energy Trends 2030* indicaban cambios significantes durante los primeros años (2000-2010): un rápido crecimiento del sector de servicios, disminución de las industrias que requieren grandes cantidades de energía, incremento de los ingresos personales y del nivel de vida, lo que supone mayor número de vehículos privados, de niveles de confort en las casas (calefacción y aire acondicionado). Estos factores han influenciado la evolución de la demanda energética en Europa.

En este escenario se espera un crecimiento de la demanda energética final de un 28.5% entre 2000-2030.

Según datos estadísticos²¹, el consumo de energía final en 2007 experimentó un incremento respecto al año anterior del 2.5%, teniendo en cuenta la reducción en un 1.5% en 2006, el crecimiento total desde el año 2000 en España es de un 19%. Respecto al sector transporte en 2007 sufrió un incremento del 3.17%, frente a un 2% en los años anteriores, como resultado el crecimiento hasta 2007 ha sido de un 23%. La industria en el año 2006 realmente disminuyó su consumo drásticamente en un 14% respecto al año anterior, en el 2007 el incremento fue similar a la tendencia seguida desde el año 2000 (3% anual). El sector servicios ha experimentado en España un incremento de consumo de energía final desde el 2000 hasta el 2007 del 27%, con una media del 8% anual entre 2003-2006, pero esta tendencia ha disminuido en 2007.

Hay que tener en cuenta que la crisis actual ha ralentizado de nuevo este crecimiento, esto se notará en los datos del 2008 y 2009, pero a pesar de ello el escenario del *Energy Trend 2020* está dentro de estas variaciones.

²¹ http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main_tables

4.3.1 Sector Transporte

El consumo energético en la UE en el sector transporte creció una media anual del 2.0% entre el año 1990 y 2000, suponiendo un 32.4% de la demanda energética final en el 2000. El escenario *Energy Trends 2030* considera que este crecimiento va a continuar siendo superior a 1.5% durante la siguiente década. Sin embargo se prevé una ligera ralentización para los años siguientes (0.9% para el periodo 2010-2020 y 0.4% para el periodo 2020-2030).

Los datos disponibles en 2007 corroboran esta tendencia. El consumo total de la energía final en el transporte alcanza un 40,3% en 2007, siendo el principal sector consumidor. Prácticamente, la totalidad de este consumo mantiene su origen en los derivados del petróleo. Un análisis de la evolución del consumo global de este sector muestra una tendencia a la estabilización, con un incremento durante el año 2007 del 3.7%, a lo que contribuyó el incremento en la demanda de bio-carburantes. Atendiendo a la desagregación del consumo por modos de transporte, se aprecia que sigue siendo la carretera el modo más intensivo en consumo, si bien presenta una leve pérdida en su participación en el consumo energético del sector, en beneficio de otros modos como el transporte aéreo y el ferrocarril.

El Hyways subdivide la demanda en el transporte entre transporte público (autobús, tren y aviación) y transporte privado. La demanda de transporte en barcos es lo suficientemente pequeña para ser ignorada. Los datos se obtienen a partir del informe *Energy Trends 2030*.

La demanda de vehículos privados se clasifica en tres tipos: urbana, regional e interregional donde suponen que cada uno recorren 7500 km, 13800 km y 39000 km respectivamente. El proyecto calcula la demanda para cada categoría en cada país, también introduce una distinción según el combustible empleado (gasolina, diesel y otros).

La primera aproximación a los cálculos se modificó después del análisis de los primeros resultados, cuya conclusión fue que los datos sobre demanda de vehículos para viajar que presentaba PRIMES era demasiado alta. Gracias a sugerencias de los socios de la industria, especialmente los del sector automóvil, se dio un nuevo enfoque a la demanda para el transporte. Este nuevo enfoque comienza con la "motorización" de la población, es decir, con el número de vehículos por cada 1000 habitantes. Un análisis estadístico de la tendencia energética de la UE contiene la monitorización anual para cada estado miembro. La suposición más importante que hace este análisis es la de que la monitorización convergerá a 541 vehículos/1000 habitantes en toda Europa para 2050.

4.3.2 Sector Estacionario

En el año 2000 el sector doméstico representaba un 39.5% de la demanda energética final con un crecimiento respecto a 1990 de 0.9%; las proyecciones de crecimiento del *Energy Trends 2030* entre 2000-2010 aumentaron a un 1.1% para luego ralentizar su crecimiento a una media de 0.7% entre 2010 y 2030. Esta tendencia refleja los efectos de saturación (en sistemas de calefacción), los cambios en los combustibles (hacia GN y electricidad) y el aumento de eficiencia energética de los equipos proyectada.

Según datos estadísticos de España el consumo de energía final de los sectores identificados bajo la categoría Residencial y servicios, se incrementó el pasado año un 1.3%, con respecto al año 2006. La mayor parte de este consumo fue absorbido por los sectores residencial (53%) y servicios (31%). Por lo que respecta al sector residencial, considerando la distribución del consumo energético por usos son la calefacción (48%) y la climatización (0,6%) quienes respectivamente absorben mayor y menor consumo. El consumo de calefacción contrasta con el 62% del consumo medio europeo, lo cual se explica en buena parte por la benevolencia de nuestro clima en invierno. Se espera, sin embargo, que en lo sucesivo aumente el consumo de la calefacción, principalmente como consecuencia de la tendencia a un mejor equipamiento así como a la progresiva penetración de los sistemas individuales de calefacción centralizada, menos eficientes que los sistemas colectivos.

El Hyways calcula las proyecciones de demanda del sector residencial, comercial y servicios a partir de las estadísticas de consumos final de energía por combustible de la AIE. (Carbón, la madera y otros sólidos, productos petrolíferos, gas, electricidad y calor).

La estructura de la demanda de energía se tomó tal cual aparecía en el modelo MARKAL para Europa Occidental. Las categorías de demanda consideradas son: calefacción y refrigeración doméstica, calentamiento de agua para uso sanitario, cocina y aparatos eléctricos. Para aparatos eléctricos se introdujo una subdivisión: iluminación, refrigeración, lavavajillas, lavadoras, secadoras y otros.

Con el fin de reflejar la situación energética de cada país individual hubo que introducir cierta regionalización para el sector residencial. Así por ejemplo, la demanda de energía para calefacción y refrigeración de los hogares se dividió en tres regiones distintas que cubren el Norte, el Centro y el Sur de Europa (donde se encuentra España).

En el sector de comercio y servicios el Hyways identifica tres niveles: calefacción y refrigeración de edificios y uso de electricidad. También se hace una división regional, aunque ligeramente diferente a la del sector residencial, España sigue estando en los países del Sur.

4.4 Caracterización de los escenarios

Para construir un marco adecuado al mapa de ruta del hidrogeno es necesario hacer suposiciones adicionales, en contraste con el mundo “business-as-usual” del escenario base. Estos impulsores, claves para la introducción del hidrógeno, son la velocidad de despliegue o penetración de las aplicaciones finales de las tecnologías de H2 y las velocidades de aprendizaje en la fabricación de pilas de combustible. Estos factores son los ejes de los escenarios de hidrógeno del Hyways.

		Velocidad de penetración de las aplicaciones finales con tecnologías de H2		
		Alta	Media	Baja
Velocidad de aprendizaje en la fabricación de PC	Alta	H2H	H2M	H2L
	Moderada	L2H	L2M	L2L

Tabla 3. Caracterización de escenarios

En este informe se describen cinco escenarios:

- **BAS:** Escenario base, sin introducción forzada del hidrógeno y con costes constantes para los vehículos de pasajeros.
- **H2H:** Alto ratios de penetración de las tecnologías del hidrógeno combinados con un elevado aprendizaje de las tecnologías del hidrógeno para vehículos de pasajeros.
- **H2M = H2L que usa PACE-T:** Moderado ratio de penetración de las tecnologías del hidrógeno combinados con un elevado aprendizaje de las tecnologías del hidrógeno para vehículos de pasajeros.
- **L2H:** Alto ratio de penetración de las tecnologías del hidrógeno combinados con un modesto aprendizaje de las tecnologías del hidrógeno para vehículos de pasajeros.
- **L2L:** Bajo ratio de penetración de las tecnologías del hidrógeno combinados con un modesto aprendizaje de las tecnologías del hidrógeno para vehículos de pasajeros.

De estos cinco escenarios en HyWays se valora el efecto de tres de ellos: H2H, H2M y L2L.

4.5 Tecnologías del hidrógeno

4.5.1 Desarrollo de las tecnologías

Uno de los principales cambios o sorpresas en las tendencias energéticas durante estos años ha sido debido a la innovación tecnológica. Por ejemplo la rápida adopción de las turbinas de gas en ciclo combinado o el desarrollo de las turbinas eólicas ha conducido a cambios fundamentales en el balance energético y sus proyecciones.

El hidrógeno puede presentar un caso similar, por ello las perspectivas tecnológicas juegan un papel muy importante en las tendencias de la demanda de energía.

Debido a la incertidumbre todavía existente a nivel técnico en la tecnología del hidrógeno, es difícil prever la visión del mercado para aplicaciones móviles y estacionarias con una probabilidad razonable. Elementos cruciales como las pilas de combustible y los sistemas de almacenamiento de hidrógeno han alcanzado significantes progresos en los últimos años, pero todavía requieren grandes avances para alcanzar un nivel de comercialización adecuado.

Teniendo en cuenta las conclusiones de la “*Deployment Strategy and Strategic Research Agenda*”²² de la Plataforma Europea del Hidrógeno²³, HyWays introduce tres ratios de penetración del hidrógeno en la demanda energética de las aplicaciones móviles y estacionarias. Estos ratios reflejan tanto un escenario muy optimista como uno mucho más conservativo, pasando por uno de evolución moderada.

4.5.2 Aplicaciones móviles

“The Strategic Research Agenda” fija el siguiente objetivo para 2015:

		Current Status	2015 Target
Power density	litre/ kW	3.0	1.5
Cycle efficiency (NEDC)	-	37%	> 40%
Specific cost	€/ kW	> 4,000	< 100
			(> 150,000 units/ a)

Tabla 4: Comparación entre el estado actual y el estado en el 2015 propuesto en la “*Strategic Research Agenda*” de la Plataforma Europea del Hidrógeno para sistemas de pila de combustible en vehículos de pasajeros

En el escenario de alta penetración se supone que la producción en masa de vehículos con H₂ y pila de combustible comenzará en 2013 liderada por cinco compañías, cada una de las cuales pondrá en el mercado 100,000 unidades al año, con una utilización del 5%, 50%, y 90% de ellas, respectivamente, en los tres primeros años.

En el escenario de baja penetración el comienzo de la producción en masa se prevé para 2016 y se suponen cuatro compañías líderes que incrementan su rango de utilización desde el 5% al 90% en cinco años (máxima capacidad de las cuatro compañías: 100,000 unidades al año). Después del periodo de estabilización de tres o cinco años de las compañías líderes es de suponer que nuevas empresas entren en el mercado y que las compañías líderes dupliquen su

²² http://ec.europa.eu/research/fch/pdf/hfp-sra004_v9-2004_sra-report-final_22jul2005.pdf#view=fit&pagemode=none

²³ <http://www.HFPEurope.org>

capacidad de producción. Basándose en esta hipótesis cuantitativa para los escenarios se ha calibrado una curva S^2 para calcular los volúmenes genéricos de producción y extrapolar los ratios de penetración hasta 2050. Esto puede observarse en la siguiente tabla para los tres escenarios: de alta, de baja y de moderada penetración.

Se ha empleado una curva Makeham modificada, aplicando un cambio en t_0 (año de inicio de la producción en masa) mientras que otros parámetros fueron calculados de acuerdo al mejor ajuste posible, con volúmenes de producción absolutos, para cada año y escenarios (alto, bajo).

Total share of fleet	2010	2020	2030	2040	2050
High penetration	-*	3.3%	23.7%	54.4%	74.5%
Medium penetration	-*	1.2%	11.9%	35.9%	69.4%
Low penetration	-*	0.1%	2.8%	12.9%	36.0%

* Demonstration vehicles and fleets only

Tabla 5: Escenarios para el desarrollo potencial de vehículos de hidrógeno, porcentaje con respecto al stock de vehículos²⁴

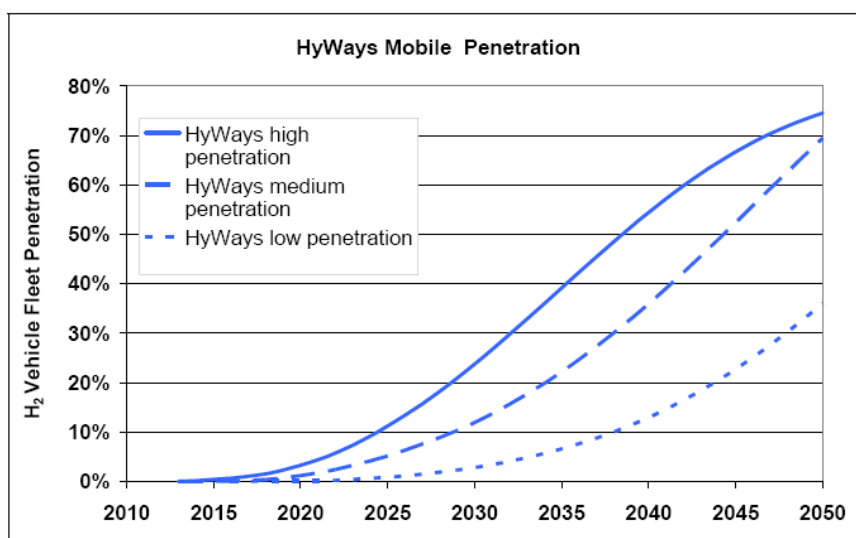


Fig.5: Escenarios de penetración de los vehículos de hidrógeno

4.5.3 Aplicaciones estacionarias

Así como la tecnología de pilas de combustible basada en gas natural con cogeneración para uso estacionario puede ser sustituida por pilas de combustible de hidrógeno, también es su competidor directo, ya que la infraestructura del gas natural está muy desarrollada en casi todos los países mientras que las redes de hidrógeno están por construir.

Además las características tecnológicas de los sistemas basados en hidrógeno son menos adecuadas para aplicaciones tipo micro-CHP que los sistemas de gas natural. Por otra parte, el hidrógeno en uso residencial tiene otro directo competidor: la electricidad, mucho más adecuada para zonas con elevada densidad de demanda como las zonas comerciales. Es por

²⁴ Deliverable D3.13 de Hyways <http://www.hyways.de>

esto por lo que los coeficientes de penetración del hidrógeno en aplicaciones estacionarias son menores que para las móviles.

Total share of households	2010	2020	2030	2040	2050
High penetration	-	1%	4%	8%	10%
Medium penetration	-	1%	4%	8%	10%
Low penetration	-	0.1%	0.5%	2%	5%

Tabla 6: Escenarios para el desarrollo de aplicaciones estacionarias en el sector residencial²⁵

Total share of commercial de-2010 mand	2020	2030	2040	2050	
High penetration	-	0.3%	1.3%	2.7%	3.3%
Medium penetration	-	0.3%	1.3%	2.7%	3.3%
Low penetration	-	>0%	0.2%	0.7%	1.7%

Tabla 7: Escenarios para el desarrollo de aplicaciones estacionarias en el sector comercial y servicios²⁶

4.5.4 **Evolución del coste de la tecnología de hidrógeno**

Todas las tecnologías de producción de H₂ y los análisis Well-to-Wheels en los que se baso el HyWays han sido extraídos del informe CONCAWE/EUCAR/JRC del 2006²⁷. También se han usado datos de la base GEMIS²⁸. De este informe se han obtenido los datos de coste de pilas, tanques de almacenamiento de H₂,...

Debido a que estos datos están suponiendo una comercialización inicial con una producción anual de 100.000 unidades, se aplicó una curva de aprendizaje para modelizar el coste superior de los vehículos de H₂. Una curva de aprendizaje muestra el progreso tecnológico en función de la experiencia acumulada en ese tipo de tecnología, y la estimación que se emplea se basa en estadísticas históricas. El parámetro característico en este tipo de estimaciones es el ratio de progreso PR. Por ejemplo, una tecnología con PR= 0.80 verá cómo el precio de la unidad se reducirá en un 20% cada vez que se dobla la producción acumulada. Para reducir las incertidumbres asociadas a los escenarios para el precio de las pilas y tecnologías del hidrógeno en el proyecto HyWays, los vehículos propulsados por pilas de combustible y motores de combustión interna de hidrógeno se han dividido en diferentes componentes con diferentes ratios de progreso cada uno.

En el proyecto se han seleccionado dos escenarios distintos para los ratios de progreso que se muestran a continuación:

²⁵ Deliverable D3.13 de Hyways <http://www.hyways.de>

²⁶ Idem 8

²⁷ <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW>

²⁸ <http://www.gemis.de/en/index.htm>

Component	fast learning (low PR)		modest learning (high PR)	
	initial phase	after 10 yrs	initial phase	after 10 yrs
Hydrogen Tank	0.85		0.85	0.98
Electric Motor & Controller	0.90			
Li-Ion Battery	0.90			
FC System	0.80	0.90	0.82	0.92
H ₂ -ICE*	1.00		1.00	

* The JRC/ EUCAR/ CONCAWE WTW-Study assumes the same production cost for gasoline and hydrogen engines.

Tabla 8: Ratios de progreso de los componentes de las pilas de combustible

Los PR que se muestran en la tabla se basan en las actividades de investigación llevadas a cabo por los socios de la industria del automóvil de HyWays y en publicaciones científicas sobre curvas de aprendizaje, especialmente aquellas relacionadas con las tecnologías del hidrógeno y pilas de combustible.

4.5.5 Coste de los vehículos de hidrógeno

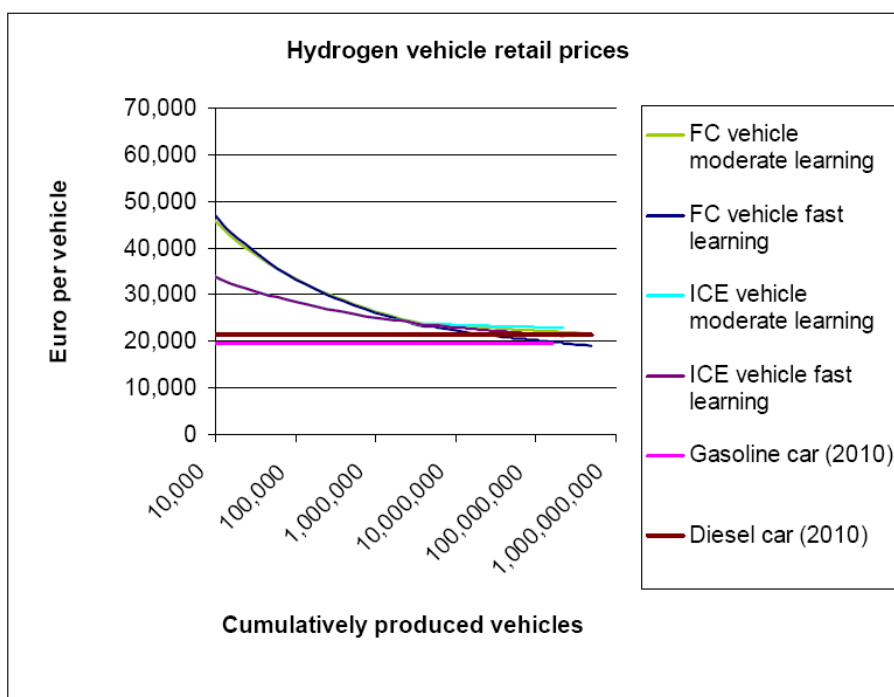


Fig. 6: Evolución de los precios de los coches de hidrógeno esperada. El precio de salida de los coches de gasolina, así como de los de pila de combustible corresponde a las especificaciones de (EUCAR, 2004) para el año 2010.

En la figura 6 se muestra la evolución de los costes aplicados a la tecnología del hidrógeno en función del número de vehículos producidos supuesta una curva de aprendizaje convencional. Se puede apreciar que el precio de los vehículos de pila de combustible es mayor que el de los de motor de combustión interna que funciona con hidrógeno. Asimismo se ve que para el

primer millón de vehículos el precio por unidad no se ve afectado en uno u otro tipo de sistema de propulsión por el grado de aprendizaje. A partir de los 5-10 millones de vehículos sí se aprecia que con un rápido nivel de aprendizaje los costes se pueden reducir un 16% para el vehículo de PC y alrededor del 12% para el de ICE. Esta diferencia en la reducción de costes se debe a que el vehículo propulsado por PC tiene diferente estructura: posee menos partes mecánicas y más eléctricas por lo que posee un mayor potencial para la reducción de costes que el que continúa trabajando con un ICE de hidrógeno.

4.7 Análisis y Comentarios

- Una de las variables con mayor fluctuación a lo largo del tiempo es el **precio del petróleo**, lo que afecta de manera notable al desarrollo de las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible. En este sentido los miembros del Grupo de Análisis de Capacidades han realizado las siguientes observaciones:
 - La variabilidad del precio del petróleo complica predecir su evolución en el tiempo puesto que está condicionado por las políticas de los países productores.
 - Esta fluctuación del precio del petróleo constituye un punto clave en el desarrollo de cualquier tecnología energética. En este sentido se considera que, de continuar el precio del petróleo en puntos como los actuales, ciertas energías necesitarán de un importante apoyo político para poder introducirse de manera significativa en el mercado siendo rentables (como puede ser el caso de las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible).
 - Se considera que las previsiones del Hyways para la evolución de los precios de la energía son bastante conservadoras, y a un plazo demasiado extenso, por lo que no se puede garantizar un alto grado de correlación entre las mismas y la evolución de los precios reales. No obstante, se considera que un aumento notable del precio del crudo, aceleraría la introducción de las pilas de combustible en el sector transporte, mientras que un crecimiento moderado, y en la línea de las predicciones del Hyways o del WEO 2007, ralentizaría la introducción de dicha tecnología.

Además de la fluctuación del precio del petróleo, otros factores que se han querido resaltar han sido los siguientes:

- La **situación actual de crisis**, ya que ha supuesto un cambio significativo en los escenarios propuestos por HyWays. Aún así, se considera que la actual situación de crisis no debe ser tenida en cuenta en un período de tiempo tan extenso como el del estudio del Hyways (2050), ya que los datos actuales socioeconómicos no son representativos de la tendencia global a medio y largo plazo. Esta situación económica ha afectado significativamente a los consumos energéticos, especialmente en el sector residencial, lo que se traduce en una disminución de los costes asociados a dicho consumo. No obstante, se considera que la tendencia lógica es que el consumo energético se incremente a partir del 2011.
- La **política energética europea y la española**, ya que son claves para la implementación de las energías alternativas. Se considera que algunos sectores han sufrido cambios importantes respecto a la política que recoge el HyWays (2004). En este sentido, destaca el sector fotovoltaico o el solar térmico, que han sufrido importantes cambios de regulación, lo que ha frenado su desarrollo tecnológico. Asimismo cabe resaltar el hecho de que ciertas tecnologías han recibido impulsos recientemente, como el coche eléctrico o el biogás. En términos generales, se considera que aunque ha habido modificaciones desde 2004, la política energética española sigue una tendencia general de apoyo a las energías renovables de cara a acometer los objetivos de 2020 (20% de energía primaria a partir de energías renovables).

- En cuanto a la **demanda de vehículos** recogida en el HyWays, se considera que, aunque el parque móvil dependerá de cada país, continuará con un crecimiento sostenido, ralentizándose en países europeos como España, pero incrementándose en países como China o la India.
- El Hyways centra la demanda de hidrógeno principalmente en el sector transporte, considerando que la situación actual y futura del gas natural y la electricidad como fuente de energía para el sector estacionario, no permitirán una mayor penetración del hidrógeno. Actualmente el proceso más barato para la obtención de hidrógeno es el reformado de gas natural y se considera que el desarrollo de una tecnología más rentable que permita producir el hidrógeno de forma más barata, puede verse limitado. En este sentido, la red de distribución de gas natural, podría aprovecharse (con ciertas modificaciones) para la distribución de hidrógeno. Por otro lado, se considera que, en el caso de la penetración del vehículo eléctrico, las aplicaciones estacionarias pueden tomar peso relativo en el futuro del hidrógeno.
- En cuanto a la valoración de la evolución prevista en Hyways para las tecnologías del hidrógeno se considera que, en términos generales, la evolución es coherente con la realidad española. España tiene una calidad científica y tecnológica importante, al mismo nivel que la de otros países, aunque se resalta la necesidad de incentivos e inversiones para el desarrollo de las tecnologías. Por otro lado, se considera que podrán alcanzar el mercado dependiendo de su rentabilidad y aceptación por parte del usuario.