

EL FUTURO ENERGÉTICO Y EL HIDRÓGENO

THE ENERGETIC FUTURE AND THE HYDROGEN

RESUMEN

Se aborda la nueva etapa que estamos iniciando y que la **General Motors** denominó *Economía del hidrógeno*, que representa el paso de la era del petróleo a la era del electrón y que marca un cambio enorme en el desarrollo socioeconómico y nuevas perspectivas energéticas.

La autora cree que este cambio se acelerará por la necesidad de *salvar* las industrias del automóvil occidentales.

Se menciona la industria de automoción, plantas existentes, características y tecnologías de producción del hidrógeno, la sustitución de combustibles y se formulan una serie de conclusiones.

Palabras clave: Energía, hidrógeno, automóvil.

ABSTRACT

We are approaching the period that **General Motors** call "Economy of Hydrogen", which signifies the step from the oil era to that of electron. This marks an enormous change in socioeconomic development and new energy perspectives.

María-Teresa Estevan Bolea
Dra. Ingeniera Industrial por la ETS
de I. I. de Barcelona
Ex presidenta del CSN
Directora de Skala, S.L.



Recibido: 22/11/06

Aceptado: 12/12/06

The writer believes that this change will be accelerated by the necessity of "saving" the western automotive industries.

The following have been greatly discussed: automotive industry dimensions, existing plants, the characteristics and technology of hydrogen production, the fuel substitution and about these a series of conclusions have been formulated.

Key words: Energy, hydrogen, automotive industry.

INTRODUCCIÓN

La nueva etapa que estamos iniciando y que la **General Motors** americana bautizó con el nombre de *Economía del hidrógeno* marca nuevas

perspectivas energéticas y una nueva era en el desarrollo socioeconómico y tengo para mí que se va a imponer por cuatro razones fundamentales:

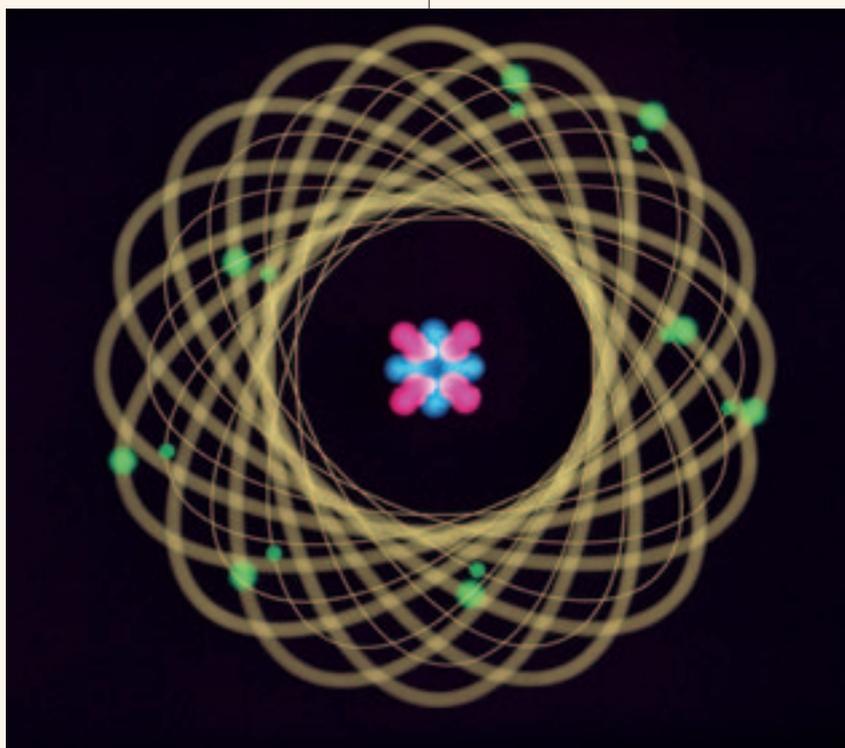
a) Los continuos incrementos del precio del petróleo y gas que están afectando y afectarán más en un futuro próximo a la competitividad de nuestras actividades económicas.

b) La previsible escasez de recursos petrolíferos debido al estancamiento de las reservas y, sobre todo, a la elevada demanda de los mismos muy acusada en China, India y otros países emergentes.

c) La necesidad de reducir la contaminación atmosférica y especialmente las emisiones de CO₂, CO, CH₄ y otros gases de efecto invernadero. Hay exigencias de la **Comisión Europea** y compromisos nacionales imposibles de cumplir si seguimos con la situación actual.

c) La necesidad de salvar las industrias del automóvil occidentales. Este es el punto clave.

¿Por qué creo que estamos entrando en una nueva era? Porque de igual modo que el uso masivo de energía (electricidad en ascensores y petróleo en automóviles) en el siglo XX supuso un cambio radical en nuestra forma de vida, calidad de la misma y desarrollo de muchas nuevas actividades económicas, esta nueva evolución que se va a producir con el uso del hidrógeno en automoción, en la generación eléctrica distribuida, en la aparición de nuevas actividades y desaparición de otras es un paso más en el laborioso quehacer de la Humanidad.



Tengo la impresión de que paulatinamente vamos a ir dejando atrás la era del petróleo y vamos a pasar a la era del electrón.

No voy a extenderme sobre los dos primeros puntos, que están tratados continuamente en los medios de comunicación, pero sí quiero manifestar que no son cuestiones baladíes. Por otra parte, los dos están estrechamente relacionados con el tercero: los problemas ambientales. Más del 60% de los problemas de contaminación de la atmósfera y del agua y muchos deterioros del suelo, del medio marino y de la generación de residuos y su gestión están vinculados a la producción, transporte y consumo de energía. Una parte importante de este consumo se produce en el transporte.

En la reciente *Conferencia del Clima*, celebrada en Nairobi, el **Ministerio de Medio Ambiente** anunció su compromiso de reducir el 30% de las emisiones de CO₂ en el año 2030.

EL SECTOR DE AUTOMOCIÓN

El sector del automóvil es de suma importancia en España por ser el 7º fabricante de automóviles del mundo, detrás de EE.UU., Japón, China, Alemania, Francia y Corea del Sur.

Pero no sólo es importante la propia industria del automóvil. La industria de componentes –industria auxiliar– es de enorme entidad con empresas multinacionales de gran calidad, dinamismo e innovadoras. Para España, este sector es básico.

La Automoción representa en España el 6% del PIB y el 25% de las exportaciones de mercancías. Exportamos el 80% de la producción: cerca de 2,3 millones de vehículos. También importamos cientos de miles de vehículos.

En el sector del automóvil, en España trabajan más de 300.000 personas, en las 18 plantas existentes. Si tenemos en cuenta el empleo directo y el indirecto, la población ocupada se acerca a los dos millones de personas.

PLANTAS DE PRODUCCIÓN

Tenemos plantas de automóviles en Vigo, Valladolid, Pamplona, Bar-

celona, Ávila, Zaragoza, Madrid, Jaén, Vitoria, Palencia y Valencia. La mayor parte de la producción se destina a la exportación. El sector facturó en 2004, 25.178 millones de euros. En 2003 la producción fue de 3.029.826 vehículos. En 2004 fueron 3.012.174 y en 2005 la producción fue de 2.752.500 vehículos. En 2006 se reducirá pero sigue siendo muy alta.

Frente a estos datos tan positivos, preocupa cada vez más la deslocalización industrial pero es más importante la destecnificación o la obsolescencia si no sabemos innovar a tiempo.

La industria del automóvil es puntera en tecnología y muy dinámica, y todas nuestras Compañías emplean tecnología externa, lo que permitirá seguir los avances de las Casas matrices, pero todo esto es absolutamente insuficiente. En los próximos años, el cambio en esta industria va a ser radical. En 10-15 años el corazón de la industria del automóvil serán los coches eléctricos alimentados por hidrógeno, en una primera etapa fabricando coches híbridos (gasolina-hidrógeno y gasolina-etanol) y después, utilizando como combustible sólo hidrógeno.

Creo que sólo de esta forma podrá darse respuesta al compromiso de la industria europea del automóvil

de recortar las emisiones de CO₂ como le ha solicitado la **Comisión Europea**.

ASPECTOS ENERGÉTICOS

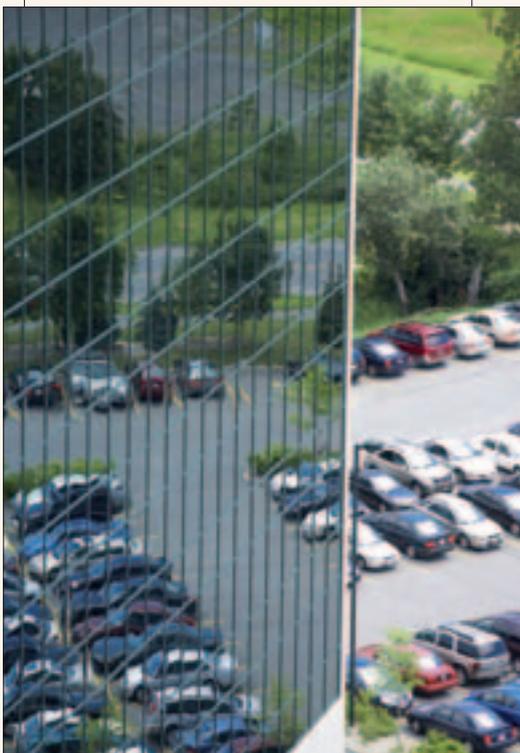
Abordar el mundo del automóvil y el hidrógeno es hablar fundamentalmente de energía.

El siglo XIX se apoyó básicamente en el carbón y la energía hidroeléctrica, el siglo XX continuó el desarrollo de la energía hidroeléctrica, el petróleo, el gas y el carbón y se comenzó a instalar algunas renovables como la eólica. El siglo XXI va a ser la época del hidrógeno además de un extraordinario desarrollo de las renovables. Se va a seguir utilizando carbón, petróleo, gas y nuclear de fisión, y si el proyecto *ITER* alcanza sus objetivos, al final de esta centuria también nuclear de fusión. Las renovables pueden tener un desarrollo importante para la producción de hidrógeno por electrólisis.

La energía está en la base del desarrollo y las necesidades energéticas de nuestras Sociedades son crecientes, sobre todo en la demanda de electricidad. La electricidad no se puede almacenar y ello exige una holgada disponibilidad de instalaciones de generación y redes eléctricas. Las exigencias de energía, sobre todo de electricidad, son mayores aún en la sociedad de las tecnologías de la información. La robótica, la ofimática, la domótica, la informática y todo el amplio mundo de las telecomunicaciones requieren suministros suficientes, seguros y de calidad de energía eléctrica.

En los últimos años se ha iniciado, sobre todo, en la mejora de la competitividad, y en consecuencia, a la optimización de los costes porque se disponía de potencia suficiente pero actualmente la situación evoluciona hacia una mayor preocupación por la seguridad y garantía de los suministros.

En España disponemos de generación eléctrica hidráulica, térmica convencional (carbón, fuelóleo y gas natural), térmica nuclear y renovables como la



minihidráulica, la solar (fotovoltaica y térmica), eólica y biomasa. Especial entidad tiene la cogeneración que cubre ya más del 13% de la demanda eléctrica y que, por su contribución a la eficiencia energética, en mi opinión, es preciso fomentar, estableciendo precios para su producción que cubran los costos y que la potencia como ha sucedido con las primas a la eólica.

En cualquier caso, todas las energías son necesarias y la mejor garantía de cobertura de la demanda reside, precisamente, en la diversificación de tecnologías y de puntos de suministro de los recursos energéticos primarios.

NUEVOS COMBUSTIBLES PARA AUTOMOCIÓN: EL HIDRÓGENO

Una de las más importantes altas tecnológicas para la protección del medio ambiente se centra en la sustitución de combustibles petrolíferos en Automoción como es el caso de los biocombustibles o el hidrógeno. Ello permitirá renovar totalmente la industria de Automoción, reducir la contaminación atmosférica, luchar de verdad para disminuir los efectos del cambio climático y crear, o al menos mantener, miles de puestos de trabajo en Automoción y en la industria de componentes.

Las dificultades son muchas pero se pueden superar. La idea es muy simple y de las ideas simples surgen las grandes cosas y desarrollos tecnológicos.

SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLES

Se están llevando a cabo numerosos proyectos y esfuerzos para reducir los consumos de petróleo como son los automóviles que emplean gas natural (licuado o comprimido) propano-butano licuado (combustible usado por los taxis de muchas ciudades, como Madrid) o los biocombustibles como el bioetanol. Por otra parte, los automóviles modernos van reduciendo sus consumos energéticos.

Los vehículos con combustibles flexibles pueden usar biocarburantes con alto contenido de bioetanol. El bioetanol tiene un alto grado de octanaje y puede ser mezclado con gaso-

lina en una proporción hasta el 85% de etanol (de ahí la nomenclatura de E85). Sin embargo, debido a su menor contenido energético, se requieren depósitos de bioetanol más pesados y grandes (entre un 50-60%) en comparación con los de gasolina. Adicionalmente, las juntas y los revestimientos de los motores deben ser de materiales más resistentes a la corrosión.

El bioetanol es un éter metílico, algo parecido a un alcohol, que se logra de la fermentación de determinadas plantas o sus semillas. Las más habituales son la caña de azúcar y la remolacha pero pueden servir muchas otras. Por sí mismo, podría introducirse en los motores de combustión y sustituir a la gasolina pero, dado que sus propiedades físico-químicas son diferentes a las de la gasolina convencional, es preciso diseñar un motor específico para este combustible. El gran problema del bioetanol es la corrosión que produce en diferentes componentes del automóvil.

Desde mediados de los años 70, una gran parte del parque de vehículos de Brasil funciona con bioetanol llegando su utilización en la actualidad hasta el 40% del combustible total empleado en el país. Más de 18 millones de coches y 3,5 millones de motocicletas lo emplean con una pureza que llega en muchos casos al 100% (E100). Para que un vehículo pueda funcionar con bioetanol, resulta necesario realizar una serie de ajustes en algunos elementos del motor como: pistones, válvulas, manguitos, recubrimientos de las conducciones, etc. para evitar efectos de corrosión. Existen hasta 25 modelos de coches distintos que se comercializan en Brasil, la mayoría de ellos procedentes de fabricantes europeos como: **Fiat, Opel, Renault, Volkswagen** y la americana **Ford**.

Este tipo de tecnología se podría introducir en vehículos ligeros (como taxis, empresas de alquiler de vehículos, vehículos de empresa, vehículos de instituciones públicas), o en grandes vehículos (autobuses urbanos, escolares, camiones de recogida de residuos y saneamiento urbano).

El crecimiento sostenido en la producción de bioetanol en los últimos años para su mezcla con gasolinas, y los objetivos de las estrategias y planes de acción a nivel europeo y mundial, unidos a la evolución experimentada en la venta de este tipo de vehículos en otros países, hace prever una demanda en nuestro país una vez que salgan a la luz estos vehículos y se generalice el suministro y uso de bioetanol en las gasolineras.

Hay muchos proyectos y prototipos de vehículos sobre todo en el ámbito de autobuses y otros vehículos destinados al transporte público que utilizan biocombustibles, gas natural o hidrógeno.

Por Madrid y Barcelona, así como por Londres, Amsterdam y Oporto, circulan desde hace años autobuses movidos también por hidrógeno. En Madrid hay tres, en las líneas 52, 44 y 133. Los autobuses son de la casa **Mercedes-Benz** y la pila de combustible, de la canadiense **Ballard**.

La industria del automóvil es de gran volumen, gran volumen de vehículos fabricados y grandes volúmenes de combustibles precisos y allí entra de lleno el hidrógeno y los automóviles eléctricos. Todo ello supone una verdadera revolución industrial y social.

El hidrógeno es el elemento más abundante en el Universo. Constituye el 75% de la masa del Universo y el 90% de sus moléculas, pero prácticamente en ningún caso está aislado sino combinado con otros elementos. El hidrógeno es un vector, como la electricidad, una energía secundaria que previamente a su uso tiene que ser producida y que requiere grandes cantidades de energía para ello.

Los vectores energéticos dominantes en la segunda mitad del siglo XXI serán el hidrógeno y la electricidad, mutuamente complementarios. A partir del primero se puede obtener la segunda y viceversa. La electricidad se puede conseguir a partir del hidrógeno en celdas de combustible y, de la misma forma, el hidrógeno se puede obtener a partir de la electricidad mediante la electrólisis del agua. Este conjunto cumple las dos condiciones necesarias de un sistema

energético sostenible, un esquema de almacenamiento de energía y un producto energético que puede transportarse a largas distancias.

Otra utilización ventajosa es la producción de hidrógeno como sistema de gestión de la demanda eléctrica, de manera que en los períodos en que ésta es inferior a la producción, los excedentes se utilicen para producir hidrógeno que pueda ser utilizado como combustible en períodos de alta demanda.

Desde el punto de vista ambiental, la ventaja de la electricidad y del hidrógeno frente al uso de los hidrocarburos es la limpieza de su empleo en los puntos de consumo. La electricidad no produce emisiones peligrosas y el hidrógeno sólo produce agua como subproducto. Adicionalmente, ambos productos son totalmente renovables. La electricidad, vista como una separación de cargas eléctricas, regresa a un estado eléctricamente neutro después de ser usada. El hidrógeno se convierte en agua.

TECNOLOGÍAS ACTUALES DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

El hidrógeno puede producirse por diferentes tecnologías y, a su vez, éstas pueden utilizar diversas energías primarias. Actualmente las tecnologías usadas son:

- Reformado de gas natural (refinerías) > 75 %
- Oxidación parcial de naftas y carbón 20 %
- Electrolisis de agua < 5 %

Utilizar hidrocarburos cuando lo que se pretende es una sustitución de los mismos no tiene mucho sentido. Además, en el futuro se van a necesitar grandes cantidades de hidrógeno, con lo cual los procesos se reducen prácticamente a dos:

- Electrolisis del agua.
- Termólisis del agua. Se precisan altas temperaturas, 800-1.000 °C.

UTILIZACIÓN ACTUAL DEL HIDRÓGENO

Actualmente el hidrógeno se usa en: fabricación de amoníaco, 50 %; refinerías de petróleo, 37 %; fabricación de metanol, 8 %; industria química, 4 % y espacio, 1 %.

No tiene sentido que prácticamente el 95% del hidrógeno que se usa en la actualidad se produzca a partir de combustibles fósiles (gas natural, petróleo y carbón) porque precisamente uno de los factores básicos es sustituir el uso de los hidrocarburos en el automóvil para reducir la emisión de gases de efecto invernadero (y poder cumplir los compromisos de Kioto) y otros contaminantes emitidos por los tubos de escape (óxidos de nitrógeno, partículas y óxidos de azufre).

El 50% del hidrógeno producido actualmente se destina a la fabricación de amoníaco para obtener fertilizantes y el 37% se usa en las refinerías de petróleo para desulfurar derivados del petróleo.

CÉLULAS DE COMBUSTIBLE Y PILAS DE COMBUSTIBLE

Una célula de combustible es un dispositivo electroquímico que convierte directamente a la energía química en electricidad y calor. Consta de dos electrodos, el ánodo y el cátodo, separados por un electrolito y unas placas. Los tipos de células de combustible se caracterizan típicamente, por su electrolito. En las células de combustible se combina el oxígeno del aire con el hidrógeno para generar la corriente eléctrica continua.

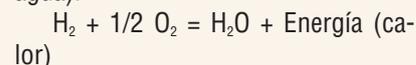
PROPULSIÓN DEL VEHÍCULO

Esta corriente eléctrica constituye la propulsión del vehículo. Por consiguiente, estamos hablando de vehículos eléctricos cuya emisión de contaminantes es cero o prácticamente cero. La emisión es vapor de agua. Por ello el tubo de escape en los automóviles es vertical y se sitúa en la parte superior. Hay que disipar también el calor generado o aprovecharlo en cogeneración en el caso del uso del hidrógeno en la generación eléctrica distribuida.

El combustible oxidado en el ánodo libera electrones que fluyen por el circuito externo hasta el cátodo. El circuito se completa con el flujo de iones en el electrolito, que, además, separa las dos corrientes de gases, combustible y oxidante. El calor generado puede emplearse directamen-

te como un coproducto en el procesador del combustible o para producir residualmente más electricidad. Las celdas se apilan y se conectan en serie o en paralelo para suministrar el voltaje y potencias deseados, motivo por el cual se las conoce también con el nombre de pilas de combustible.

En una celda de combustible se produce la reacción genérica de combustión de hidrógeno y la formación de agua por vía electroquímica (reacción inversa a la electrolisis del agua):



Hay diferentes tipos de electrolitos y ello define básicamente las características de las celdas.

Con independencia de las características particulares de cada caso, la separación entre electrodos y su superficie van a determinar el voltaje de la celda y la energía producida. La estructura íntima de los electrodos, el electrolito, las dimensiones geométricas, las condiciones termodinámicas de operación y las características de los reactantes van a influir en el proceso.

El rendimiento de las pilas de combustible es alto pero la tecnología del hidrógeno presenta algunas cuestiones ligadas a la relativa peligrosidad de este combustible, que precisarán importantes esfuerzos de I+D en el futuro y su producción y manejo presenta hoy notables dificultades.

CARACTERÍSTICAS DEL HIDRÓGENO

El hidrógeno es el elemento más ligero. No tiene ni color ni olor ni sabor y además no es tóxico. Sus escapes, por tanto, no son detectados por los sentidos. Es importante también tener presente su gran intervalo de límites de inflamabilidad en aire y en oxígeno cuando se manipula. La probabilidad de combustión debido a una fuente aleatoria de ignición es mayor para los escapes de hidrógeno en espacios cerrados, que para otros combustibles gaseosos industriales o para la gasolina.

La capacidad de difusión de hidrógeno a través de materiales porosos, soldaduras defectuosas o sellos

estropeados es mayor que para otros combustibles.

El almacenamiento de hidrógeno para su uso en automoción presenta el inconveniente adicional de la baja densidad volumétrica de este combustible. Este inconveniente es especialmente importante en la economía de los automóviles ya que, para conseguir mayores densidades, sería necesario incorporar a los vehículos sistemas que mantuvieran el hidrógeno en estado líquido con la consiguiente penalización energética.

Por consiguiente, es preciso resolver:

- La producción de hidrógeno.
- Su transporte.
- Su almacenamiento en estaciones de servicio, *hidrogenaras*.
- Almacenamiento en el vehículo.
- Depósito de hidrógeno líquido.
- Pilas de combustible.

Estos son los retos que deben abordar la industria eléctrica y la industria del automóvil. Son todo un desafío pero absolutamente necesarios y, por tanto, tengo la impresión de que, antes de 15 años, estarán no sólo resueltos sino instalados.

La industria del automóvil no puede pararse y esta década (difícil realmente para ella por la fuerte competencia de países como Japón, China o Corea del Sur) exige también desarrollar toda una evolución de la producción. No hay que olvidar que de las cinco primeras empresas del mundo que invierten en I+D, dos son fabricantes de automóviles: **Ford** y **General Motors**, norteamericanas naturalmente.

También es en Estados Unidos donde está más avanzado el programa de producción de hidrógeno con reactores nucleares.

Dentro de este proceso de innovación, hay que trabajar en los nuevos materiales como, por ejemplo, los nuevos aceros con alto contenido en manganeso, de gran resistencia y alta conformabilidad, que permitirán reducir el peso del vehículo en un

20%, rebajar el consumo de combustible, mejorar los diseños y, sobre todo, la seguridad.

Igual desarrollo cabe esperar de los plásticos y sus derivados, componentes electrónicos, aluminio, fibra de carbono, magnesio, vidrios y otros materiales y equipos que la industria del automóvil va a ir incorporando a corto plazo.

Por consiguiente, no es sólo la industria del automóvil la que va a sufrir enormes cambios, incluyendo –claro está– la industria de componentes. También la industria siderúrgica, la electrónica, los plásticos, los



recubrimientos textiles y otros componentes deberán ajustarse a las nuevas demandas.

Es verdad que la industria del automóvil es puntera en tecnología y muy dinámica; que se ha constituido un *Observatorio del Automóvil*, que hay numerosas Plataformas del hidrógeno estudiando estas cuestiones y que nuestras Compañías operan todas ellas con tecnología externa, lo que permitirá seguir los avances de las Casas matrices, pero todo esto es absolutamente insuficiente.

CONCLUSIONES

Como conclusión, querría recordar que:

- En los próximos años, el cambio en esta industria va a ser radical. En 10–15 años, el corazón de la industria del automóvil serán los coches eléctricos alimentados por hidrógeno, en una primera etapa fabricando co-

ches híbridos (gasolina-hidrógeno y gasolina-bioetanol) y después utilizando como combustible sólo el hidrógeno.

- Las tecnologías para la producción de hidrógeno son diversas, ninguna está madura y es preciso dedicarles la máxima atención.

Este futuro, que parece lejano pero no lo es porque 10-15 años pasan rápidamente, exige acciones mucho más vigorosas que las desarrolladas hasta ahora.

- Las grandes marcas tienen ya en el mercado coches híbridos y coches con pilas de hidrógeno; en definitiva, coches eléctricos.

Todas las grandes marcas, desde **Daimler-Chrysler**, **Toyota**, **Honda**, **BMW**, **Peugeot**, **Citroën**, **Renault**, **Ford** o **General Motors** están trabajando intensamente en los prototipos de coches eléctricos y las grandes compañías energéticas de Japón, China, Corea del Sur, EE.UU. y alguna europea, en la producción de hidrógeno.

- Se están fabricando –**Boeing**– prototipos de aviones propulsados por hidrógeno. Los *vaporetti* venecianos circulan con motor eléctrico alimentado por hidrógeno a partir de este año 2006. Por otra parte, España está fabricando submarinos que utilizan como combustible hidrógeno obtenido a partir de la oxidación del alcohol vegetal. Es decir, hay en marcha ya innumerables experiencias pero urge avanzar más en una mayor escala.

- El hidrógeno tiene una elevada energía específica, su oxidación no genera contaminantes de ningún tipo, y es muy abundante en nuestro planeta puesto que se obtiene del agua.

Pero el hidrógeno no es energía primaria y hay que producirlo como la electricidad. Es un vector energético y su producción requiere cantidades grandes de energía porque disociar la molécula de agua en hidrógeno y oxígeno requiere 284 kJ por mol de agua, por lo que producir 1 kg de hidrógeno precisa 123 MJ.

- Es interesante analizar los rendimientos energéticos:

- En las turbinas de vapor convencionales (centrales de carbón, fuelóleo o gas natural de un solo ciclo) los rendimientos están entre el 32-39%. El resto de la energía se pierde.

- En los motores de combustión interna (vehículos) el aprovechamiento energético se sitúa entre el 18-20%.

- Los aerogeneradores alcanzan una eficiencia del 40%. Sin embargo, las centrales hidroeléctricas tienen muy altos rendimientos, alrededor del 80%.

Todo ello obedece no a las tecnologías sino a las leyes de la Física, de la Química y de la Termodinámica.

- En el caso del hidrógeno, la tecnología actual permite un rendimiento de las pilas de combustible alrededor del 50% y puede mejorarse hasta un 70-80%. Por consiguiente, es cierto que producir hidrógeno precisa mucha energía pero su utilización tiene rendimientos muy altos.

- El motor eléctrico es más silencioso que nuestros motores de explosión (gasolina) o diésel (gasóleo). Puede ponerse en marcha a muy bajas temperaturas (hasta 20 °C bajo cero) y no tiene ni gases de efecto invernadero (CO y CO₂) ni óxidos de nitrógeno, ni partículas, ni hidrocarburos.

En definitiva, son coches eléctricos con excelentes características medioambientales: muy silenciosos y no emiten ningún tipo de contaminantes: NO_x, partículas, CO, SO₂ o CO₂. Simplemente emiten vapor de agua. La única forma que tiene España de cumplir sus compromisos de Kioto es reducir las emisiones del sector transporte (más del 30% del total) y ello sólo puede lograrse con vehículos eléctricos.

Creo sinceramente que el gran impulso para el uso del hidrógeno se va a realizar para relanzar la industria del automóvil. En el mundo circulan hoy casi 900 millones de vehículos. Gran parte tendrán que sustituirse y esa es la clave del tema que de forma somera he desarrollado.

- **General Motors, Ford o Delphi** están atravesando una gran crisis. También las empresas europeas. En definitiva, lo que está en juego es el



futuro de nuestra industria del automóvil y de componentes.

El uso del hidrógeno supone realmente una nueva revolución industrial porque los nuevos automóviles serán otros, nada tendrán que ver con los actuales y ello es todo un reto para el sector energético y para el de automoción.

Muchos ingenieros están trabajando en prototipos y vehículos ya comercializados híbridos (con gasolina y celdas de combustible) y otros que funcionan sólo con hidrógeno y, en consecuencia, son coches eléctricos.

- El hidrógeno se utilizará también en la producción eléctrica distribuida, próxima a los puntos de consumo y en otras aplicaciones. También este hecho cambiará la situación del sector energético.

Se prevé que en 20 años una parte importante de la flota de vehículos será nueva, serán coches eléctricos alimentados por hidrógeno. La emisión será vapor de agua. Ello va a requerir mucho esfuerzo de la Ingeniería para producir enormes cantidades de hidrógeno y almacenar y utilizar este elemento de forma segura, mucho impulso de las Administraciones públicas y mucho empuje (que ya lo tiene) por parte de la industria auxiliar del automóvil para fabricar los componentes que el mercado internacional va a demandar.

Pero hemos demostrado que, si queremos, sabremos salir adelante y, con tenacidad, espero que esta vez

no nos quedemos atrás. Esta cuestión es vital para el futuro socioeconómico español.

BIBLIOGRAFÍA

- COLINO MARTÍNEZ, Antonio. *Historia, energía, hidrógeno* — Real Academia de Ingeniería. Madrid, 2004

- *La energía del hidrógeno y las pilas de combustible*. Informe Comisión Europea Dirección General de Investigación y Dirección General de Energía y Transporte – 2003. Documento EUR 20719 ES.

- Plataforma tecnológica europea del hidrógeno y las pilas de combustible – [http://europa.eu.int/rapid\(2004\)](http://europa.eu.int/rapid(2004))

- ANFAC – Diversos informes sobre automoción. www.anfac.com

- MARTINEZ-VAL, José María. *Materia y energía: pilares de la Física y del sector energético*. 2005. Cursos de verano de la U.C.M. El Escorial.

- ESTEVAN BOLEA, María - Teresa. *Altas tecnologías para la protección del medio ambiente*. Vigo, Junio 2005. Caminos de Concordia. Xunta de Galicia.

- Japan Atomic Energy Agency– *High temperature engineering test reactor*. 2004. Oarai Research and Development Center. Japón.

- *National Hydrogen Energy Roadmap*. 2002. United States Department of Energy. Washington, D.C.

- *Nuclear Hydrogen R&D Plan* – Marzo, 2004. Department of Energy. USA. ■