

PANORAMA DE LAS APLICACIONES DEL HIDRÓGENO A NIVEL MUNDIAL

María Isabel Sosa

misosa@ing.unlp.edu.ar

GECCU, Área Departamental Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

Resumen. Actualmente las economías mundiales son fuertemente dependientes de los combustibles fósiles; las crisis energéticas y del petróleo hacen esto obvio. En la última década el hidrógeno aparece como un vector energético secundario en la producción de electricidad tanto para aplicaciones móviles como estacionarias a pequeña escala. En el futuro cercano esta tendencia aumentará, convirtiéndose en una forma efectiva de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero GEI's. En los Países Desarrollados no se espera una transición total de los recursos fósiles al hidrógeno en la generación y/o el transporte hasta mediados de este siglo. Este trabajo presenta un panorama de las aplicaciones del hidrógeno tanto móviles como estacionarias. La industria automotriz juega un papel importante. En los últimos años, diversas empresas automotrices han introducido sus vehículos en el mercado, incrementándose la demanda de hidrógeno día a día. El principal problema que esto acarrea es el abastecimiento de hidrógeno. Las tecnologías utilizando recursos fósiles son bien conocidas por más de 50 años en la industria química. Las fuentes de energías renovables pueden suministrar una solución alternativa, dado que son inagotables con baja emisión de GEI's; no obstante no son actualmente competitivas.

Palabras clave: hidrógeno, celdas de combustible, aplicaciones móviles y estacionarias.

AN OVERVIEW OF WORLDWIDE HYDROGEN APPLICATIONS

Abstract. Actual economies are highly dependent on fossil fuels; oil and energetic generation crises make this obvious. Nowadays in developed countries, hydrogen comes out to be the secondary energy carrier for electricity production for mobile and small-scale stationary applications in connection with fuel cells. In the near future, these tendence will increase, becoming hydrogen a useful way to reduce greenhouse emissions. A total transition from fossil resources to hydrogen in generation and transportation in developed countries is not expected until the middle of this century. This work presents an overview of hydrogen applications, mobile as well as stationary ones. Automobile industry plays now an important role. In the last years, several manufactures brought vehicles in the market and therefore the hydrogen demand increases day by day. The solution found to feed fuel cell vehicles were electrolyzers and natural gas reformers. Residential applications and the concerning projects are mentioned. The principal problem coming with fuel cell applications is the hydrogen supply. Methods using fossil resources are well known, being applied for more than 50 years in the chemical industry, though they have adverse impacts on the environment. Renewable energy sources could provide a alternative solution, since they are inexhaustible with low GHG's. Nevertheless, yet these technologies are not competitive.

Keywords. : Hydrogen, fuel cells, mobile and stationary applications.

1. INTRODUCCIÓN

El hidrógeno constituye una fuente de energía limpia y muy versátil. Si bien no está disponible como fuente de energía primaria, puede ser obtenido por procesamiento de combustibles fósiles, como ser de los hidrocarburos, o de combustibles no-fósiles, como ser de la biomasa o el agua. El hidrógeno es considerado como el combustible del siglo XXI, dado que constituye una fuente energética limpia para una sociedad preocupada por la evolución del medio ambiente y el calentamiento global del planeta. En la última década hemos presenciado importantes avances en las tecnologías de utilización del hidrógeno, principalmente en su uso para alimentar celdas de combustible en aplicaciones tanto estacionarias como móviles, como un vector energético secundario en la producción de electricidad y/o calor. En el futuro cercano esta tendencia aumentará, convirtiéndose en una forma efectiva de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero GEI's. Las aplicaciones están principalmente asociadas a las celdas de combustible; no obstante cabe señalar que entre otros el hidrógeno puede utilizarse en unidades térmicas (turbogrupos) o en motores de combustión interna, en forma pura o bien enriqueciendo combustibles líquidos (gasoil). Hacia fines del siglo pasado la tendencia era la aplicación estacionaria, con la instalación de celdas de combustible en grupos habitacionales o bien comunidades aisladas de la red. Actualmente la industria automotriz es la mayor responsable del desarrollo actual del hidrógeno y su aplicación móvil, ya que impulsa la incorporación de celdas de combustible en sus vehículos con la intención de inundar el mercado en los próximos años. Diversas empresas automotrices han introducido sus vehículos en el mercado, incrementándose la demanda de hidrógeno día a día. El principal problema que esto acarrea es el abastecimiento de hidrógeno. Las tecnologías utilizando recursos fósiles son bien conocidas por más de 50 años en la industria química. Las fuentes de energías renovables pueden suministrar una solución alternativa, dado que son inagotables con baja emisión de GEI's; no obstante no son actualmente competitivas. Actualmente las economías mundiales son fuertemente dependientes de los combustibles fósiles marcadas por crisis energéticas y del petróleo. El gas natural tiene gran potencial como productor de hidrógeno, pero se pronostica que sus reservas alcanzarían a cubrir las demandas solamente hasta mediados de este siglo. Por tratarse de un recurso no-renovable, no constituye la fuente más adecuada de producción de hidrógeno desde el punto de vista medioambiental, sin embargo dado que la tecnología de reforma de gas natural a vapor es muy conocida y desarrollada a gran escala, permite desarrollar en un corto plazo sistemas energéticos a base de hidrógeno. En los Países Desarrollados no se espera una transición total de los recursos fósiles al hidrógeno en la generación y/o el transporte hasta mediados de este siglo. El objetivo de este trabajo es presentar un breve panorama de las aplicaciones del hidrógeno tanto móviles como estacionarias.

2. APLICACIONES MÓVILES

Las aplicaciones móviles se dividen en dos grupos: el uso del hidrógeno en motores de combustión convencionales en lugar de los usuales: naftas, diesel, gas natural comprimido GNC, etanol, alconafta o bien el uso del hidrógeno para alimentar a celdas de combustible, responsables de generar la electricidad para mover el motor. La principal ventaja de cualquiera de estas aplicaciones es la composición de los gases de escape, reduciendo drásticamente la contaminación gaseosa ambiental, por baja emisión de gases contaminantes dado que el producto de la combustión del hidrógeno es simplemente agua. Por otro lado, disminuye notablemente la contaminación sonora, dado que sus motores son más silenciosos. La utilización del hidrógeno en el transporte se remonta a 1807 con el vehículo a hidrógeno diseñado por Francois Isaac de Rivaz (Suiza), que consistía en el primer vehículo a combustión interna, potenciado por hidrógeno y oxígeno (Fig. 1). Ya desde 1860 se utilizó la electrolisis en el Hippomovil en el invento de Etienne Lenoir (Francia) para conseguir hidrógeno y derivarlo al sistema horizontal. En 200 años de desarrollo los vehículos han evolucionado hasta los actuales como ser el Hyundai I-Blue que usa una celda de cuarta generación o el futurístico Honda Puyo (2007 Tokyo Motor Show), pudiendo rotar 360 sin necesidad de ir en reversa, Fig. 2.



Figura 1. Vehículo de Rivaz (1807)



Figura 2. Honda Puyo (2007)

En los últimos cinco años se han tenido importantes avances en las tecnologías de utilización del hidrógeno, principalmente en la industria automotriz de vehículos de pasajeros y de transporte público. Todas las marcas automotrices han desarrollado vehículos utilitarios y de pasajeros, accionados por celdas de combustible, requiriendo imperiosamente del suministro de hidrógeno para su funcionamiento. En el 2000 en la Feria Mundial de Hannover (Alemania) se presentó el primer auto de la firma BMW de combustión a hidrógeno, pero actualmente este sistema ha pasado a segundo plano. Desde 1997 la tendencia es desarrollar automóviles con celdas de combustible para el sistema de tracción, como se observa en la Fig. 3.

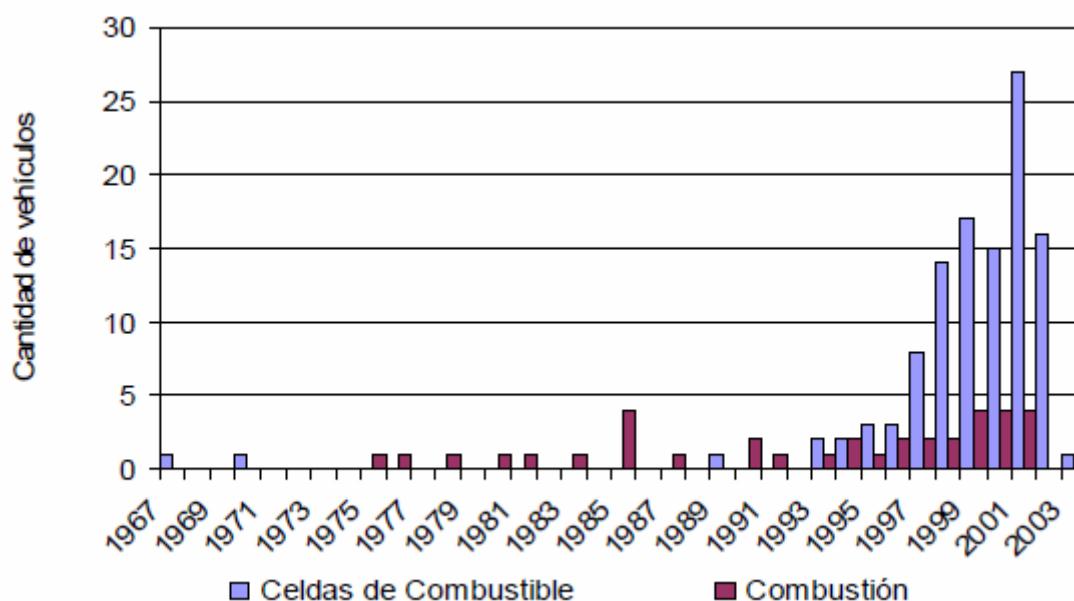


Figura 3. Cantidad anual de vehículos desarrollados en el periodo 1967 -2003 utilizando celdas de combustible o con motores de combustión a hidrogeno

En la Tabla 1 se presenta una nómina de algunos de los más de cien automóviles desarrollados. La fase de testeo tanto en USA, Europa como Japón ya ha comenzado en 2003, en el 2007 se inicio la etapa de producción, esperando acumular cerca de 50.000 unidades para el 2012. La fase de producción masiva y comercialización se estima para comienzos del 2012, con costos menores a los actuales. Cabe señalar que Toyota fue la primera empresa en 2002 en ofrecer sistemas de leasing para la compra de vehículos de este tipo. Recientemente ha lanzado en Japón un nuevo producto cuyo valor es de aproximadamente 5500 euros por mes durante 30 meses.

Recientemente en el pasado mes de agosto se ha organizado un tour de 13 días a lo ancho de USA para demostrar los beneficios del empleo de vehículos a hidrógeno. Nueve empresas automotrices, el DOE Departamento de Energía de USA, California Fuel Cell Partnership (CAFCP), la NHA National Hydrogen Association y DOT U.S. Departamento de Transportes patrocinaron el evento Hydrogen Road Tour.

Tabla 1. Nomina de algunos vehículos con celdas de combustible

Audi A2H2 Car		
BMW HR2 Race Car	BMW Hydrogen 7	
Chrysler ecoVoyager		
Daihatsu Tanto FCHV		
Fiat Panda Concept		
Ford Airstream Concept	Ford Explorer Fuel Cell	Ford Super Chief Truck
Ford Focus FCV	Ford Model U	Ford Flexible Serie Edge
Giugiaro Vadho		
GM Cadillac Provoq	GM Chevy Equinox FC	GM HydroGen Minivan
GM Chevy Volt	GM Electrovan	GM Hy-wire Concept
GM Sequel Concept	GM H2H Hummer SUT	
Honda FCX	Honda FCX Clarity	Honda Puyo
Hyundai I-Blue	Hyundai Tucson FCEV	
Mazda 5 Premacy RE	Mazda RX-8 RE	
Mercedes B-Class F-Cell	Mercedes F600 Hygenius	
Mitsubishi Nessie SUV		
Morgan LifeCar		
Nissan X-Trail FCV		
Peugeot 207 Epure		
Pininfarina Sintesi		
Suzuki Ionis Mini		
Think FC5 Car	Think Nordic Car	
Toyota FCHV SUV	Toyota Fine-T (Fine-X)	
Volkswagen HyMotion	VW Space Up Blue	

En lo que respecta al transporte público, existe actualmente una diversidad de proyectos de uso del hidrógeno, ya sea por medio de motores de combustión interna o utilizando celdas de combustible. Impulsado por la alta contaminación de las grandes urbes, la necesidad de reducir la emisión de gases de efecto invernadero y las emisiones sonoras, se propicia el uso del gas natural comprimido GNC por razones no solo de orden económico-financiero sino también para lograr beneficios ambientales importantes en la calidad de vida tanto de una ciudad, como de la atmósfera que afecta el orden mundial.

En el caso de motores de combustión, el reemplazo de los combustibles fósiles en el transporte urbano se plantea en forma parcial o total. Diversos proyectos de motores duales proponen un promedio de sustitución del combustible líquido (diesel) por gaseoso en el orden del 60 al 85%, dependiendo del estado de carga y de las condiciones de operación del motor, permitiendo el uso simultáneo de ambos combustibles, con una mínima contribución de diesel, reduciendo la contaminación pero reduciendo los costos controlados mediante el empleo de GNC.

Otros proyectos en cambio proponen la reconversión de los motores diesel por ottoización para el empleo de combustibles gaseosos, ya sea GNC o una mezcla gaseosa enriquecida con hidrógeno gaseoso GNC-H, variando la proporción de hidrógeno entre el 10 al 30%. Cabe señalar que este empleo de combustibles líquidos en el transporte minimiza los costos de inversión y operativos, ya que propone la reconversión del motor y no su sustitución. Proyectos de este tipo están siendo testeados en Bélgica, Canadá, Francia, India, Italia, Noruega, Suecia y USA. Actualmente está siendo analizada su implementación en Argentina. El proyecto OKS de India tiene por objetivo estudiar las emisiones para vehículos en operación con mezclas de entre 5% - 30%, mientras que el Programa ALHYTUDE utiliza GNC enriquecido al 20% en micros experimentales de las ciudades de Toulouse y Dunkerque, mientras que el proyecto noruego-sueco SCANDIANVIAN HYDROGEN enriquece el hidrógeno al 8%, (H2 Stations, 2008)

Por otro lado, la utilización de celdas de combustible en el transporte público urbano (Fig. 4) está siendo desarrollada a mayor escala. Por el proyecto HyFLEET-CUTE, uno de los más importantes de Europa, se testea actualmente cerca de 50 micros en 12 localidades, dentro de las cuales se encuentran las principales capitales de la EU.



Figura 4. Transporte publico urbano

En América del Sur la utilización de hidrógeno en el transporte urbano no ha sido implementado, pero se analiza esta posibilidad, como ser en el caso de la ciudad de San Pablo, en la cual en noviembre de este año comenzará a circular un prototipo de ómnibus híbrido en el recorrido de este a sur de la ciudad de la Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos (EMTU). Dependiendo de los resultados se estima que para el 2010 se incorporarán tres vehículos adicionales.

La utilización del hidrógeno en el transporte ferroviario se halla en una menor escala de desarrollo. Es de destacar el proyecto japonés (2006/2007) y el europeo THE HYDROGEN TRAIN iniciado por Dinamarca en 2006, primer tren europeo potenciado a hidrógeno. En lo que respecta a embarcaciones navieras hay diferentes desarrollos de diversa escala. En setiembre pasado ha empezado su servicio la embarcación de propulsión híbrida con celda de combustible ZEMSHIP (Zero Emission Ship) para el transporte de 100 pasajeros en el Puerto de Hamburgo y se estima para el 2010 funcione toda la línea en el Alster con embarcaciones de este tipo.

Como se observa, la industria automotriz es la mayor responsable del desarrollo actual del hidrógeno y su aplicación móvil, requiriendo imperiosamente de hidrógeno como combustible para el funcionamiento de las mismas.

3. SUMINISTRO DE HIDRÓGENO

El problema de suministro de hidrógeno para aplicaciones móviles se ha solucionado parcialmente en las estaciones de servicio con la instalación de electrolizadores, que conectados a la red de suministro eléctrico descomponen por electrólisis el agua de la red en hidrógeno. Actualmente es la industria automotriz, quien empuja el desarrollo de tecnologías para la obtención eficiente y barata de hidrógeno y promueve la construcción de redes de hidrógeno. Asimismo es la que genera mayores inversiones en investigación y desarrollo de celdas y generadores de hidrógeno, mueve el desarrollo de tecnologías a menor escala para la generación in situ y/o almacenamiento de hidrógeno, dado su interés en inundar el mercado con vehículos alimentados con celdas de combustible.

A nivel mundial, Islandia en el año 2003 fue el primer país en inaugurar una hidrogenera, estación de suministro de hidrógeno, para abastecer al tráfico urbano en la localidad de Reykiavik (HYDRO, 2003), Fig. 5, instalando in situ un electrolizador de la firma noruega Hydro Norsk, líder mundial en el mercado.



Figura 5. Primera estación de suministro de hidrógeno (Islandia, 24-04-2003)

En los años posteriores se multiplicaron las hidrogeneras en las principales ciudades de Europa, USA, Japón, Fig. 6, así como los proyectos para implementar servicio de transporte urbano que minimice el impacto ambiental, introduciendo micros alimentados por celdas de combustible. En la mayoría de los casos funcionan con electrolizadores, no obstante, en el caso de Madrid la producción de hidrógeno “in situ” se produce por reformado a vapor utilizando gas natural de la red de suministro. A nivel mundial existen en la actualidad cerca de 200 hidrogeneras, el 80% de las cuales suministran hidrógeno en estado gaseoso, 11% en estado líquido y el resto gas natural comprimido GNC enriquecido con hidrógeno en porcentajes que varían del 10% al 30%. Un 85% de las mismas se encuentran ubicadas en USA, Europa y Japón. Alemania es el país con mayor desarrollo en este sentido dentro de la UE. Según datos de H2Stations (2008), en América del Sur existen solo dos, una en Argentina (Pico Truncado) y otra en Brasil (Campinas), las cuales no son de oferta pública, sino han sido instaladas con fines de investigación y desarrollo.



Berlín (2004)



Munich (2007)

Figura 6. Estaciones de suministro de hidrógeno (hidrogeneras) en Alemania

4. HIDRÓGENODUCTOS

La distribución vía terrestre se realiza desde mediados del siglo pasado a través de hidrogenoductos, con instalaciones en Alemania, Bélgica, Italia, Francia, Australia, Sudáfrica, USA y Canadá. La red europea es aproximadamente de unos 1500 km, mientras que en USA sólo de 790 km. El hidrogenoducto más antiguo se encuentra en Alemania en la Cuenca del río Ruhr: conecta a 18 industrias, en su mayoría químicas, pertenece a la empresa CWH Chemische Werke Hills y tiene una longitud de 210 km, con un diámetro de 25 cm, operando a la presión de 20 bares. Actualmente el más largo pertenece a la empresa L'Air Liquide (Francia) con una longitud de 400 km, conectando plantas entre Francia y Bélgica. Cabe señalar que estas redes están pensadas para el suministro de hidrógeno a industrias y no para el transporte.

En la actualidad hay varios proyectos de nuevos hidrogenoductos, no sólo para su uso en el rama química sino por su utilización en la generación de energía vía celdas de combustible, ya sea estacionario o móvil. Figura 7.



Figura 7. HyNor - Autovía de hidrógeno y hidrogenera (Noruega)

Uno de los primeros es el proyecto HyNor, “Autovía del Hidrógeno”, Fig. 7, a construirse en Noruega. Consistirá en un hidrógenoducto de aproximadamente 200 km para el suministro y distribución de hidrógeno entre las ciudades de Oslo y Stavanger. El proyecto ha sido desarrollado por la empresa Norsk Hydro ASA, que prevé la apertura de hidrogeneras a lo largo de la autopista para la alimentar a vehículos accionados por celdas de combustible. Todas estas estaciones funcionarían con electrolizadores de agua, operando con energía eléctrica, estimando su inauguración para el año 2009.

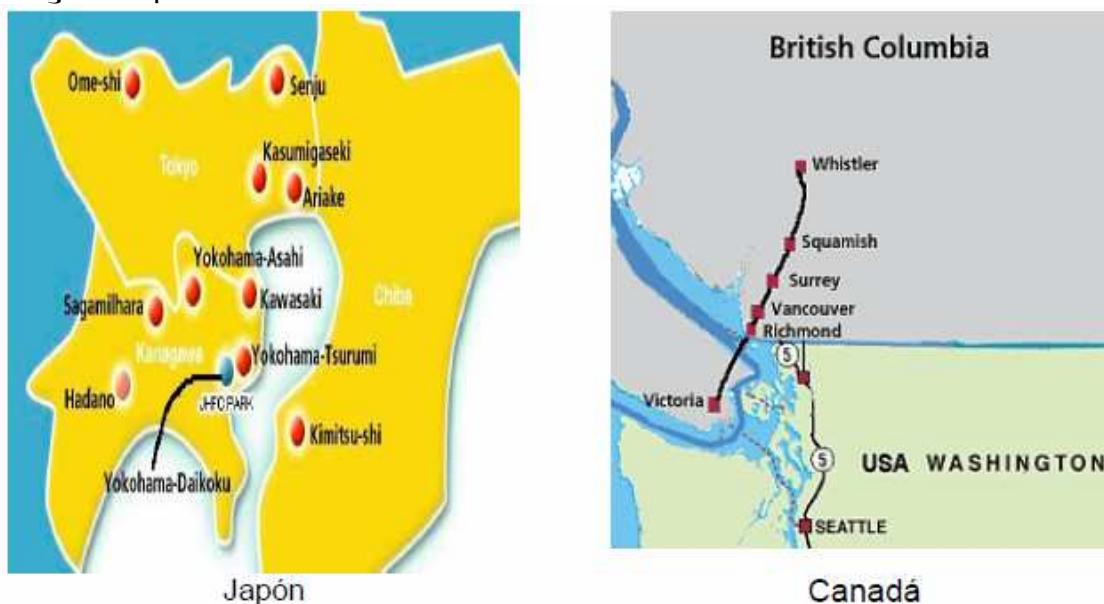


Figura 8. Autovías en ejecución

Actualmente proliferan proyectos de autovías, siendo de remarcar ubicadas en California, Canadá y Japón a inaugurarse en los próximos años, (Fig.8), H2Stations (2008).

Según los datos que maneja el CENER, 2007, “actualmente se producen en el mundo 45 millones de toneladas de hidrógeno y se estima que en 2040 se necesitarán 150 millones de toneladas en los Estados Unidos sólo para aplicaciones en automoción”. Según los expertos, entre 2015 y 2019 asistiremos al desarrollo de una red de distribución y de la infraestructura necesaria que permita el suministro de hidrógeno al por menor a usuarios finales particulares y entre 2020 y 2040 se producirá el desarrollo de estaciones de servicio de hidrógeno semejantes a las actuales gasolineras, CENER, 2008. Todavía existen numerosas barreras tecnológicas, económicas, ausencia de normativa y sobre todo, un profundo desconocimiento de la sociedad en cuanto a los beneficios y manejo del hidrógeno, similar al tratamiento doméstico que se da al gas ciudad o el butano.

5. APLICACIONES ESTACIONARIAS

En relación al uso estacionario de las celdas se observa un gran avance en la última década, existiendo diversos proyectos instalados de suministro de electricidad y/o calor a comunidades/conjuntos habitacionales mediante el uso de celdas de combustible. Por otro lado, se prevé para mediados de este siglo en los Países Desarrollados, la migración total de los sistemas térmicos móviles y/o estacionarios actuales a la tecnología del hidrógeno, con la intención de reservar el uso de derivados del petróleo para la industria petroquímica. Las celdas de combustible son convertidores de la energía disponible en el hidrógeno en potencia eléctrica y/o térmica, dependiendo de su temperatura de operación. Debido a los costos actuales, la instalación de las mismas es económicamente viable para la generación descentralizada, dado que no puede competir con los costos de la centralizada, Sosa et al., 2003. Sin embargo, diversas celdas están siendo testeadas desde 1990 para el suministro de electricidad/o calor a comunidades /conjuntos habitacionales/comunidades. Iberoamerican Workshop on Hydrogen and Fuel Cells. Los sistemas de cogeneración de potencias entre unos pocos kW y 200 kW son una opción interesante. Ya desde la década pasada existen proyectos en USA; Japón y Alemania sobretodo, que testean celdas para el uso residencial, que generalmente operan con gas natural y suministran calefacción y energía eléctrica. Japón aparece actualmente como uno de los líderes mundiales en este tipo de aplicación. Solo en 2007 fueron instalados más de 1000 sistemas, esperando que Japón comience con la producción masiva para 2011. Actualmente los sistemas de generación con celdas de combustible no son económicamente rentables frente a los sistemas basados en combustibles fósiles. No obstante se han instalados sistemas para la generación centralizada y descentralizada como ser por ejemplo los casos de Miramare Marine Corps Air Station San Diego - California, USA (Fig. 9) y el de Long Island, USA que incorpora una batería de celdas para el suministro eléctrico distribuido (Fig. 10).



Figura 9. Generación descentralizada
250kW MCFC – Miramare Marine Corps Air
Station San Diego- California, USA



Figura 10. Generación distribuida
Long Island, USA
Baterías de celdas de combustible

6. TECNOLOGIAS DE HIDRÓGENO

Según informaciones de la Asociación Española de Hidrógeno, 2008, se estiman picos de producción de gas natural a nivel mundial para el periodo 2015-2025 y petróleo a 2005-2010 (Fig. 11), con una disminución drástica para el 2090, con una pendiente negativa de 2,7%/año. La producción está casi en su punto máximo y claramente descenderá en las próximas décadas.

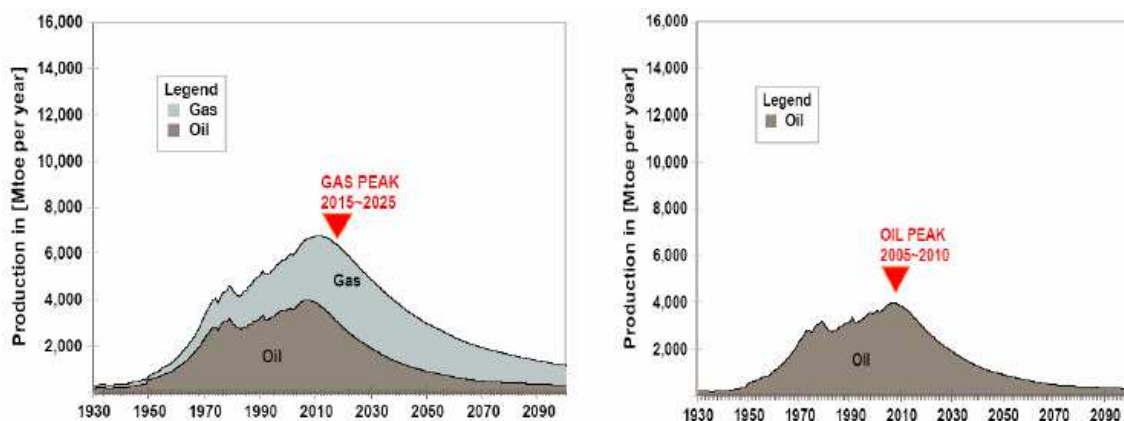


Figura 11. Projeção de la produção de gas natural y petróleo.

Estos escenarios indican un importante aumento en los precios de la energía, que debe afrontar un aumento de la demanda energética a nivel residencial como industrial y transporte. Se estima que ello provocará el incremento del empleo de energías renovables y de combustibles alternativos para suplir la demanda y una tendencia al uso del hidrógeno como vector energético.

La Figura 12 esquematiza la implementación de tecnologías sobre base hidrógeno con disminución de emisiones de dióxido de carbono. Desde 1910 la generación de hidrógeno se basó en recursos fósiles (petróleo, gas natural) con contenidos de hidrógeno. A partir de 1995 se hicieron las primeras experiencias de tecnologías de aplicación de hidrógeno. A partir del 2003 se incrementó el uso y la producción de hidrógeno, sobretudo a partir de gas natural. En 2005 aparecen nichos de mercados por implementación de tecnologías económicamente viables. A partir del 2010 se espera la introducción de infraestructuras específicas de hidrógeno y la obtención del mismo a partir de energías renovables. Para mediados de este siglo se estima la producción de hidrógeno a gran escala a partir de energías renovables, con una drástica reducción del uso del gas natural y del carbón o petróleo para estos fines.

Implementacion de tecnologias de hidrogeno con disminucion de la produccion de dióxido de carbono

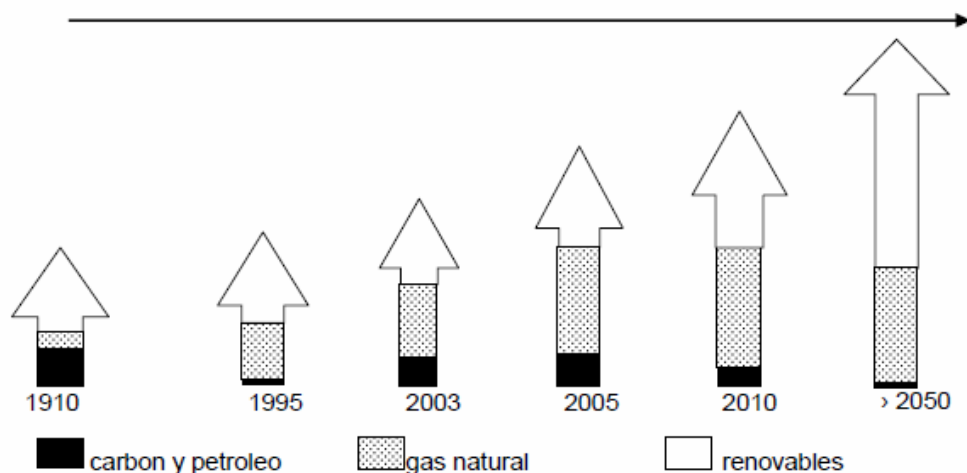


Figura 12. Tecnología de hidrógeno y materia prima

Europa promueve el Proyecto HYWAYS, una *Hoja de Ruta Europea de Energía del Hidrógeno* hasta el 2050, H2Stations,2008, de la cual participan 10 países de la UE para aplicaciones estacionarias y no estacionarias del hidrógeno, promovido por la decisión de tomar acciones tendientes a la reducción de los gases de efecto invernadero, la seguridad del suministro energético y la competitividad internacional.

Según estimaciones de los expertos europeos, durante la fase de transición después de 2010 el hidrógeno procederá principalmente de procesos químicos y de reformado con vapor del gas natural. Las primeras aplicaciones serían las portátiles, flotas cautivas para el transporte e instalaciones prototipo para uso estacionario. Después de 2020, la creciente demanda ampliará las posibilidades de producción distribuida y centralizada de hidrógeno. Éste se obtendrá por gasificación de carbón y por electrolisis en plantas de energía eólica y solar térmica de alta temperatura. Otra opción cada vez más importante es la producción electrolítica mediante energía renovable.

7. CONCLUSIONES

Este trabajo presenta un panorama de las aplicaciones del hidrógeno tanto móviles como estacionarias. La industria automotriz juega un papel importante, dado que en los últimos años, diversas empresas automotrices han introducido sus vehículos en el mercado, incrementándose la demanda de hidrógeno día a día. El principal problema que esto acarrea es el abastecimiento de hidrógeno. Las tecnologías utilizando recursos fósiles son bien conocidas por más de 50 años en la industria química. Ante la pronosticada caída de las reservas fósiles, el hidrógeno y las fuentes de energías renovables pueden suministrar una solución alternativa, dado que son inagotables con baja emisión de GEI's; no obstante no son actualmente competitivas. En la última década el hidrógeno aparece como un vector energético secundario en la producción de electricidad tanto para aplicaciones móviles como estacionarias a pequeña escala. En el futuro cercano esta tendencia aumentará, convirtiéndose en una forma efectiva de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero GEI's. En los Países Desarrollados no se espera una transición total de los recursos fósiles al hidrógeno en la generación y/o el transporte hasta mediados de este siglo.

REFERENCIAS

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE HIDRÓGENO, 2008, A partir de que fuentes de energía se obtendrá el hidrógeno?, setiembre 2008

CENER, Centro de Energías Renovables, 2007, Situación de las energías renovables en España. Informe final

H2 STATIONS, 2008, www.h2stations.org

HYDRO, 2003, www.hydro.com/en/press_room/news/archive/2003_04/hydrogen_island_en

Sosa, M. I., Silveira, J. L. y Fushimi, A., 2003, Natural Gas Steam Reforming for Hydrogen Production - An Energetic Approach, Proceedings of the 17th International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2003), São Paulo, ABCM-Brazil, 10-14th November, Paper 0431, pp. 1- 10.