



**PLATAFORMA ESPAÑOLA DEL HIDRÓGENO**

## **GRUPO DE TRABAJO DE ESTRATEGIA Y PLANIFICACIÓN**

# **DISTRIBUCIÓN DE H<sub>2</sub>**

### **Elaborado por:**

Angel Lluís Miranda Barreras (Asociación Catalana del Hidrógeno)

Carmen Esquiús (Carburos Metálicos, S.A)

M<sup>a</sup> del Mar Arxer (Carburos Metálicos, S.A)

Félix Sánchez (CSIC)

Luis Correas (Fund. para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón)

Carlos Javier Artaiz Wert (Red Eléctrica de España, S.A)

Guillermo Wolff Elósegui (REPSOL YPF)

**16 de Septiembre de 2005**

**Borrador**

## **1. Resumen Ejecutivo**

## Tabla de Contenidos

1.Resumen Ejecutivo .....	2
2.Objeto y Alcance.....	4
3.Análisis DAFO a nivel estatal.....	4
4.Análisis de la Estrategia de Despliegue de la Plataforma Europea.....	5
Distribución de hidrógeno para aplicaciones portátiles .....	5
Distribución de hidrógeno para aplicaciones estacionarias.....	6
Distribución de hidrógeno para aplicaciones de transporte.....	7
5.Análisis de la Agenda Estratégica de Investigación de la Plataforma Europea.....	8
Visión a medio plazo hasta 2030.....	8
Visión a largo plazo hasta 2050 .....	8
Estrategia de investigación para 2005-2015.....	9
Gasoductos .....	9
Hidrogeneras .....	10
6.Propuestas de acciones.....	10

## 2. Objeto y Alcance

El objeto de este documento es establecer la contribución del Subgrupo de Distribución a los documentos bajo la responsabilidad del Grupo de Estrategia y Planificación, que son:

1. Agenda para la PTE-HPC: a corto (-2010) y a largo plazo (2010-2050)
2. Proyectos Estratégicos e Infraestructuras para el cumplimiento de la Agenda

El Grupo de Estrategia y Planificación tendrá por objeto el diseño de estrategias y planificaciones que vayan encaminadas hacia un correcto posicionamiento de España en el ámbito del hidrógeno, las pilas de combustible y sus tecnologías afines, y en especial en lo relativo a que la posición de España confluya con las estrategias que se están estableciendo a nivel internacional (especialmente, Europe HFC e IPHE).

El alcance del presente documento es el primer borrador que establece el Grupo Rector.

## 3. Análisis DAFO a nivel estatal

<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
<p>Dos estaciones de servicio de H2 del proyecto CUTE, una de ellas realizada con tecnología de empresas nacionales</p> <p>Proyecto HyChain, con despliegue de vehículos especiales y dispensadores de botellas de CGH2</p> <p>Producción actual de H2 en varios puntos del territorio, logística de CGH2 bien desarrollada, con tecnólogos propios</p> <p>Empresas españolas muy fuertes en distribución de hidrocarburos y gas</p> <p>Red de Gas Natural amplia</p>	<p>Ausencia de instalaciones y tecnólogos en licuefacción de H2 y electrolizadores</p> <p>Ausencia de redes industriales de H2</p> <p>Lejanía de las zonas de europa más pobladas</p> <p>Territorio poco poblado en promedio y con vacíos poblacionales</p>
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<p>Creación de una infraestructura desplegada en torno a las estaciones actuales y los productores industriales</p> <p>Visión original del despliegue de infraestructura: producción descentralizada por renovables para atender población dispersa</p>	<p>Fuera de la primera fase de la red de autopistas de H2 europeas</p> <p>Imposibilidad de liderazgo en LH2 y producción on-site por electrolisis</p> <p>Barrera para el despliegue de vehículos con almacenamiento LH2</p>

## 4. Análisis de la Estrategia de Despliegue de la Plataforma Europea

Pag 35 y siguientes.

### **Distribución de hidrógeno para aplicaciones portátiles**

*“At present two technologies are competing for portable low-power applications such as notebooks or other electronic gadgets. The DMFC (direct methanol fuel cell) significantly simplifies the fuel distribution and storage issues, however the volumetric and gravimetric power density of state of the art PEMFC in the range of 20-100 Watts is at present roughly 50 times higher than for DMFCs<sup>25</sup>. This leads to the conclusion that a deployment of portable DMFC application is strongly dependent on the R&D results of increasing the power densities within the next year whereas the bottleneck for the market introduction of portable PEMFC application is besides cost issues the provision of an appropriate infrastructure.*

*Regarding the storage of pure hydrogen for portable low power application nonrefillable cartridges either being CGH<sub>2</sub> or metal hydrides have been proofed to be the most suitable technology regarding cost, easy handling and safety issues<sup>26</sup>. Acknowledging that the gas industry is distributing since more than 50 years high pressure cylinders (steel, 200 bar) to customers with a relatively small hydrogen demand in the order of some 1 to 10 kg per week there is already a European wide hydrogen supply network in place that subsequently could be expanded with the growing demand for hydrogen fuelled portables. For a deployment strategy following two points are of interest:*

*§ Creating an interface to the customer: the process chain from recycling empty cartridges at existing sites of the gas industry and delivering them to filling centres (e.g. at big shopping malls or airport) where consumer can exchange their empty cartridges with new ones.*

*§ Preparing the legal framework: the usage of these hydrogen cartridges at all public places including airplane transport need to be ensured. Detailed proposals are expected by the Interest Group RCS (see also chapter 3.3.1)*

*Finally it should be mentioned to seek for synergies with other early markets or niche applications such as light traction (wheelchairs, micro cars for inner city traffic, power tools) that could be tied up with the same infrastructure in order to increase utilisation and sales volumes.”*

Comentarios a la distribución de metanol para aplicaciones portables, de hidrógeno para aplicaciones portables y aplicaciones de vehículos especiales (“tracción ligera”)

Lcorreas: la distribución de metanol no representa ningún problema técnico, sino de existencia de mercado, por lo que hay simplemente que estar vigilante. La distribución de hidrógeno en cartuchos de gas o de hidruros puede ser un nicho de mercado para industrias con tecnología similar (depósitos a presión, materiales compuestos, conectores para gases y racorería), aunque son productos que ya existen en el mercado (ver proyecto HyChain). Puede ser parte de un proyecto, asociado a un despliegue de aplicaciones portátiles o de transporte de poca potencia, poniendo en común al gasista, al desarrollador industrial, y a los órganos reguladores, con el objetivo de poner un producto de tecnología muy específica en un mercado global. El modelo de negocio del punto de venta también está por desarrollar. En algún momento antes de 2010 habrá que elaborar la normativa para permitir el uso de dichos dispositivos de almacenamiento y regular su distribución, de manera coherente con los países de nuestro entorno. Estos mercados pueden haber emergido ya

en 2010.

### **Distribución de hidrógeno para aplicaciones estacionarias**

*“Most demonstration projects and field tests for pre-commercial stationary fuel cells in the range between some kWe to some 100 kWe are connected to the natural gas grid and are producing the hydrogen via reforming of natural gas and an integrated gas purification unit. Especially for high temperature fuel cells with their simplified reforming and good resistance against impurities this solution is very cost effective. Decentralised H<sub>2</sub>-production based on the existing NG-network allows a fast build up of early markets for a broad range of stationary hydrogen and fuel cell applications long before a competitive H<sub>2</sub> infrastructure is build up.*

*For the usage of by-product hydrogen from chemical plants or from refinery a pipeline transport over short distances is the most efficient way if the utilisation is high right from the beginning. This applies to most industrial fuel cell installations in contradiction to the supply of hydrogen filling stations where the slow ramp up of vehicles cause a lower utilisation during a longer period.*

*A mid-term option is the installation of H<sub>2</sub>-microgrids to supply stationary fuel cells and filling stations with hydrogen. Advantage would be synergies of hydrogen demand pattern from stationary and filling stations, thereby an optimization of the hydrogen production and storage facility. Of course, in this case stationary fuel cells running on pure hydrogen (PEM) have to be developed. The operation of hydrogen pipelines has been performed by the chemical and gas industry since the 1930s as the example of the Leuna site (Germany) shows.*

Comentarios a la distribución usando las redes de gas natural, de la distribución por gasoducto y de las microrredes.

Lcorreas: Hasta 2010 habrá únicamente demostradores de pilas, con una potencia conjunta de pocas decenas de MW, conectadas a la red de gas natural, salvo que utilicen gas sintético o hidrógeno industrial residual por conveniencia. Es evidente que el hidrógeno industrial se transportará por tuberías dentro de la propia industria. También está claro que las industrias generadoras de hidrógeno son ubicaciones muy adecuadas para distribuir hidrógeno por gasoducto a consumidores estacionarios o de transporte en su entorno más próximo. La construcción de microrredes para usos no-industriales (esto es, generación de energía y transporte) vendrá determinado por los demostradores de pilas estacionarias y de vehículos que aprovechen hidrógeno industrial. Puede haber interés en la gestión de una red de H<sub>2</sub> que atienda a varios consumidores residenciales (ver proyecto de Arnhem). Puede haber interés específico en construir redes prototipo, como en el caso del gasoducto a 1.000 bar construido para el proyecto Zero-Regio. Otra posibilidad que puede ser investigada, en un primer momento de manera teórica y con modelos, es el transporte de hidrógeno generado de manera descentralizada (renovables) inyectado a la red de gas natural, o alternativamente, estudiar la problemática específica de la logística de una producción y un consumo distribuidos. Si el transporte de mezclas de H<sub>2</sub> y gas natural puede ser una solución de transición, en algún momento antes de 2050 se habría podido producir la sustitución completa del gas natural por el H<sub>2</sub> al menos en parte de la red. En otro caso, habrá que optar por duplicar la red de distribución. Puede ser objeto de un estudio específico.

### **Distribución de hidrógeno para aplicaciones de transporte**

*“For transport application three different pathways and distribution regimes are generally considered as a viable option (taking into account the long term potential for CO<sub>2</sub> emission reduction and economic considerations):*

## PLATAFORMA ESPAÑOLA DEL HIDRÓGENO

*§ central hydrogen production with pipeline transport to the filling station (only CGH2 fillings possible)*

*§ central production and liquefaction of hydrogen with tank trailer transport to the filling station (CGH2 and LH2 fillings possible)*

*§ on-site production of hydrogen with optional buffer storage for load levelling (only CGH2 fillings possible). An option that should be evaluated at large fuelling stations would be to add LH2 storage supplied by trailer to supply LH2 vehicles and cover peak loads and a buffer / backup supply for the on-site reformer.*

*The first option is often seen as the ideal long term option when high penetration rates of hydrogen will have been reached as e.g. suggested for a 2050 scenario. However this would imply a radical shift in technology at a point where a fairly high market penetration has been already reached. An example may be obtained for the post 2020 time frame from the HyNet Roadmap Report, assuming that more than 10,000 hydrogen fillings station would exist in the EU and therefore need to be fit with a new hydrogen pipeline network. Based on the results of the Transport Energy Strategy a rough estimate on the additional investment for the pipeline connection in the order of 10 billion € can be made. The initial investment for these 10,000 hydrogen stations using either an on-site production or a central liquid supply is in the order of 7 to 14 billion € (see Figure 8).*

*Regarding the investment figures given in Figure 8 it need to be stated that the ground area for the filling station including the area for on-site generatican differ from the figures given above since on-site production requires significant more footprint than pipeline supply or liquid underground storage. Hence an optimised distribution system will likely require an intelligent mix of technologies reflecting following issues:*

*§ Flexibility and transition friendly-ness*

*§ Footprint requirements*

*§ Cost issues*

*§ Emissions and energy balances*

*§ Safety and permitting issues*

*However this shall not prejudice a certain onboard the vehicle storage technology since all three potential storage technologies (liquid, high pressure compressed, low pressure technologies like nano-tubes) can be supplied by a filling station using a liquid storage tank.”*

Comentarios a los tres conceptos de distribución y a la construcción de estaciones de servicio.

Lcorreas: mientras en España no haya instalaciones de licuefacción de hidrógeno, dicha vía queda imposibilitada. Esto puede ser un obstáculo para el despliegue de vehículos con almacenamiento LH2. La elección posterior entre on-site y off-site dependerá únicamente de criterios económicos (transporte de CH2 por carretera frente a coste de equipos y energía para producción on-site). Hasta 2010 se construirán entre 5 y 10 estaciones de servicio de H2 en España para atender entre 20 y 50 vehículos. El escenario para 2020 podrían ser del orden de 1.000 hidrogeneras (dos órdenes de magnitud en diez años). La estandarización va a ser un factor clave, y el aspecto regulatorio, para poder reconvertir las actuales estaciones de servicio a H2. El despliegue de vehículos hasta 2010 será en flotas cautivas seguramente, por lo que no es prioritario crear una malla de hidrogeneras en la geografía, sino mejorar las prestaciones técnicas y económicas. Entre 2010 y 2020 habrá que crear la malla.

## 5. Análisis de la Agenda Estratégica de Investigación de la Plataforma Europea

Página 31 y siguientes:

### **Visión a medio plazo hasta 2030**

*After 2015 hydrogen will be supplied to the customers progressively via pipelines and decreasingly by making use of road, rail and water transport. Besides the delivery of liquefied hydrogen, also steam methane reformers (SMR) can supply hydrogen on-site at the fuelling station. In parallel with the hydrogen-adapted natural gas grid, the network of hydrogen pipelines will be significantly extended from its original base in Northern Europe and in the Ruhr area as well as the Leuna area in Germany. Liquefaction units and supply by liquefied hydrogen tanks will be established. Networks of a few thousand compressed gaseous hydrogen (CGH<sub>2</sub>) and liquefied hydrogen (LH<sub>2</sub>) fuelling stations coexist in the main urban areas.*

Comentarios:

Lcorreas: Añadir que la eólica se apoyará progresivamente en el hidrógeno, conforme las exigencias de los operadores de sistemas eléctricos sean más severas, y las tecnologías de electrolizadores más asequibles, de forma que habrá excedentes de H<sub>2</sub> en zonas de potencial eólico, que pueden ser empleados para transporte.

### **Visión a largo plazo hasta 2050**

*“Between 2030 and 2050 increasing market penetration of hydrogen will require a dedicated infrastructure for production, storage and distribution. Road transport of gaseous hydrogen in tube trailers and of liquid hydrogen will serve to meet the demand for market introduction. Large liquefaction units will be in operation with a capacity beyond > 100 tons/day. Liquid hydrogen will be transported by road, rail or ship. For serving mass demand, a network of pipelines and related facilities will be established connecting new large-scale production sites. It will be increasingly expanded and will include decentralised production facilities also based on renewable energy sources. Main stationary systems, filling centres, fuelling stations, and domestic, commercial and industrial end-users will be connected. The pipeline grid will take advantage of the existing natural gas infrastructure which will have been adapted to hydrogen.”*

Comentarios:

Lcorreas: aunque la producción centralizada llegue a imponerse, existirá la producción descentralizada, que habrá que llevar al punto de consumo, bien por una logística especial, bien como se hace hoy en día con el Régimen Especial (vertiendo a red en condiciones más favorables).

### **Estrategia de investigación para 2005-2015**

*“Research should be done on gradually modifying the existing natural gas grid up to 100 % hydrogen. Hydrogen management at the refuelling or filling stations requires optimisation of components such as hydrogen dispensers and nozzles, hydrogen sensors, and sensing of hydrogen mass flows during refuelling. Moreover, basic engineering for rapid refuelling and energy*



## PLATAFORMA ESPAÑOLA DEL HIDRÓGENO

*management in compression and gas cooling is important. Specific work has to be done in terms of safety, risk assessment and components for highpressure and high-volume transmission, medium-pressure distribution and low-pressure infrastructure at the end-user side. Regulation and standards must be defined and questions of public acceptance must be studied. Hydrogen in private customer use requires a new quality of handling, safety and acceptance which includes refilling procedures at special locations or in combination with fuelling stations for vehicles as well as operating small energy converters < 5 kW”*

Comentarios:

Lcorreas: Coincido con lo expuesto. Desde el punto de vista de desarrollo, son temas de tecnología convencional que debe ser adaptada, y que las empresas que tienen esta tecnología no están necesariamente al tanto de las oportunidades del hidrógeno. Hay que apoyar que las empresas nacionales con competencias en estos ámbitos puedan adaptar su tecnología, aunque la integren en sistemas desarrollados por empresas de otros países.

### **Gasoductos**

*“The results of large existing pipeline systems in Belgium, France, the Netherlands and Germany have to be evaluated. A strategy has to be found to use these systems for initial hydrogen infrastructures and to combine today's hydrogen production stations with those and new pipelines to create the first small hydrogen supply clusters. Engineering studies have to be done on how to make use of existing pipeline systems for hydrogen and natural gas, planning new pipelines in urban areas and distributing hydrogen from refineries and chemical plants to take maximum advantage of already existing lowest cost hydrogen sources.*

*After 2015, hydrogen will be supplied to the customers progressively via pipelines and decreasingly by making use of road, rail and water transport. Research should be done on gradually modifying the existing natural gas grid for hydrogen use. As biomass is envisaged to play a major role in the future there will still be the need for a methane gas pipeline grid, even in the long run. Specific work has to be done in terms of safety, risk assessment and components for high-pressure and high-volume transmission, medium-pressure distribution and low-pressure infrastructure at the end-user side. Regulation and standards must be defined and questions of public acceptance must be studied.”*

Comentarios:

Lcorreas: Hay que estudiar los escenarios de transición respecto a la red de distribución (compartir o coexistencia). En zonas con potencial eólico, los gasoductos podrían servir para evacuar H2 producido por exceso de viento, lo que hay que estudiar de cara a mezclas no homogéneas del gas, y la distribución del mismo.

### **Hidrogeneras**

*“Based on the preliminary experience of the European Clean Urban Transport for Europe (CUTE) project and other national projects, the first fuelling stations have to be evaluated. New commercial standards should be derived from their non-commercial prototypes as hydrogen corridors or highways appear in some European regions. At this stage the local hydrogen demand will be met by local storage and/or on-site production. At the same time, pipeline interconnection between*

## PLATAFORMA ESPAÑOLA DEL HIDRÓGENO

*centralised production units and fuelling stations is expected to be starting in some areas.*

*A car must be refuelled with hydrogen within a few minutes and has to be safe enough for self-service operation by members of the public in various climates and operation conditions. This requires optimisation of components such as hydrogen dispensers and nozzles, hydrogen sensors, and sensing of hydrogen mass flows during refuelling. Moreover, basic engineering for rapid refuelling and energy management in compression and gas cooling (CGH<sub>2</sub>) is important. For cryogenic liquid technology, boil-off and heat transfer are crucial issues. This should be reflected in the specific hydrogen delivery cost to the user. Space requirements of fuelling stations and scalability of their hydrogen fuelling capacity have to be optimised and anticipated. This may require scalable on-site production units, such as electrolyzers or reformers, and eventually small liquefaction units. All components of future fuelling stations must be more compact to avoid complex space requirements. Underground storage must be accepted for future infrastructure. Such important developments call for an evolution of hydrogen regulations and standards and should be driven by the Deployment Strategy. Specific aspects and requirements of hydrogen fuelling stations for boats and ships in harbours should be investigated simultaneously.”*

Comentarios:

Lcorreas: Son temas de ingeniería que deben ser motivados por el despliegue de infraestructuras.

## 6. Propuestas de acciones

Distribución para aplicaciones portables y de transporte de pequeña potencia:

- Hay que desarrollar normativa y reglamentación coherente con los países de nuestro entorno
- Hay que estar vigilante a la evolución de este mercado en otros países
- Apoyar el desarrollo industrial de este almacenamiento y del modelo de negocio del punto de venta

Distribución para aplicaciones estacionarias:

- Apoyar experiencias en gestión de microrredes de H<sub>2</sub> para usos residenciales
- Apoyar experiencias en redes y líneas prototipo (nuevos materiales, condiciones extremas...)
- Se debe apoyar la participación en proyectos sobre estandarización, normalización, reglamentación, seguridad, tanto internacionales, como a nivel estatal entre administraciones, tecnólogos, usuarios...
- Estudiar el transporte de H<sub>2</sub> generado de manera descentralizada a través de la red de gas natural: barreras y economía.
- Estudiar la transición del gas natural al hidrógeno: compartir red o coexistencia de redes.

Distribución para aplicaciones de transporte:

- Hay que crear la normativa y reglamentación específica de estaciones de servicio, con coherencia con los países del entorno, con el objetivo de integrarlas en la red existente de estaciones de servicio.

## PLATAFORMA ESPAÑOLA DEL HIDRÓGENO

- Apoyar la estandarización de las estaciones de servicio, para conseguir una reducción en los costes de instalación. Por ejemplo, fomentando la creación de uno o varios consorcios, cada uno con tecnología y modelos de negocio diferenciados y complementarios.
- Apoyar la instalación de, o reducir las barreras para, al menos una unidad de licuefacción de H<sub>2</sub>, para servir a la península. Esto fomentará el libre mercado de los vehículos de H<sub>2</sub> en España.
- Estudiar los posibles despliegues de parque móvil e hidrogeneras hasta 2020 para evaluar las necesidades.