

## ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE ORIGEN RENOVABLE MEDIANTE TECNOLOGÍAS DEL HIDROGENO

Pedro Montaner

*IDOM*

### **Abstract**

Inside the energy sector, renewable energies have become a great sustainable solution for the continuous improvement of the energy demand. In this field, it is basic the management of the energy of this renewable electric power, being the storage of energy a critical element to operate in the electric power market. One of the most popular points nowadays is to use hydrogen for the storage of energy in renewable facilities.

This project develops a singular installation composed by several wind turbine generators and a hydrogen production plant. The electric power generated thanks to the wind, is transformed into hydrogen by an electrolysis process, permitting this way the storage of energy. After that, hydrogen could be converted in electricity again, by fuel cells or either for an internal combustion engine, giving again that electricity to the network.

This type of projects, associating the hydrogen technologies to the renewable energies, is a priority line inside the politics of fight against the climatic change of the European Union.

**Keywords:** energy, wind power, hydrogen

### **Resumen**

Dentro del imparable auge del sector energético, las energías renovables se han convertido en una solución de futuro al continuo incremento de la demanda, siendo una solución sostenible y de recurso autóctono. En este campo, se considera básica la capacidad de gestionar la producción de dicha energía eléctrica renovable, convirtiéndose el almacenamiento de la energía generada en un elemento crítico a la hora de competir y operar en el mercado de la energía eléctrica. Uno de los puntos con mayor interés actualmente en este campo es el uso del hidrógeno como una alternativa para el almacenamiento de energía en instalaciones renovables.

El presente proyecto desarrolla una instalación singular compuesta por varios generadores eólicos asociados a una planta de producción de hidrógeno. La energía eléctrica generada gracias al viento, se convierte en hidrógeno mediante un proceso de electrolisis y permitiendo el almacenamiento de dicha energía. Posteriormente, ese hidrógeno se vuelve a convertir en electricidad, mediante pilas de combustible o bien por un motor de combustión, vertiendo de nuevo esa electricidad a la red.

Este tipo de proyectos, asociando las tecnologías del hidrógeno a las energías renovables, es una línea prioritaria dentro de la política de lucha contra el cambio climático de la Unión Europea.

**Palabras clave:** energía, eólica, hidrógeno

## Contenido

La disponibilidad de la energía precisa en cada momento se está convirtiendo cada vez más en un elemento crítico a la hora de operar en el mercado de la energía eléctrica. La generación de energía está cambiando desde un modelo estrictamente centralizado a base de grandes centrales térmicas, hacia una mayor presencia de pequeños productores distribuidos, ya sean los tradicionales saltos hidráulicos, los ya muy numerosos parques eólicos y las nuevas instalaciones fotovoltaicas que gracias al apoyo normativo se están desarrollando rápidamente.

En este escenario, se ha convertido en un factor crítico la capacidad de gestión y almacenamiento de la energía. Si bien en ocasiones es relativamente sencillo almacenar la energía primaria como en los casos de los embalses de saltos hidráulicos, en otras ocasiones se han desarrollado nuevos sistemas de almacenamiento adecuados a las nuevas fuentes como es el caso del almacenamiento en forma de sales fundidas en las nuevas plantas termoeléctricas. Pero aún así, una vez que se ha transformado la energía en electricidad, el almacenamiento de ésta se complica enormemente.

Las nuevas fuentes renovables, como la eólica y la fotovoltaica, que producen su energía directamente como electricidad, cada vez están tomando un papel más importante en el mix energético, llegando en ocasiones casi al tercio de la producción instantánea. Sin ir más lejos, el pasado mes de marzo de 2009, coincidiendo con una fuerte situación meteorológica, la producción de energía eólica nacional alcanzó un nuevo máximo de potencia instantánea, con 11.203 MW, lo que representó el 29,5 % de la demanda eléctrica peninsular de ese momento. [Red Eléctrica Española, 2009]



Figura 1: curva de producción eólica del 5 de marzo de 2009. (REE)

Esta beneficiosa situación, con gran disponibilidad de generación renovable tiene una peligrosa condición y es que no es posible gestionar la producción de la energía de acuerdo a la demanda; la energía se produce cuando hay sol o viento, independientemente de que sea necesaria o no en ese momento. Esto puede originar lamentables situaciones en la que debamos prescindir forzosamente de este recurso gratuito, tal y como ocurrió el 5 de Noviembre del 2008 en el sistema eléctrico español, en la que por motivos de restricciones

técnicas, el operador de la red eléctrica, ordenó, la parada del 37 % de la producción eólica, debido a una saturación de la misma, dentro del mix de generación.

Para solucionar este tipo de problemas se considera básico, la gestión total o parcial de la producción de dicha energía eléctrica renovable en las propias instalaciones y como tal, una de las posibilidades más interesantes a futuro es el almacenamiento de energía eólica en forma de Hidrógeno. Esto daría a dichas instalaciones una importante ventaja, como:

- La posibilidad de aumentar potencia de parques con una misma línea de evacuación, programando la producción durante 24 horas ininterrumpidas utilizando el almacenamiento como pulmón de regulación
- Posibilidad de obtener ventajas económicas en el mercado de la energía, almacenando esta en horas de precio valle, para poder venderlas en horas punta.
- Máxima adaptabilidad de la curva de generación con las previsiones, minimizando las penalizaciones por desvíos que establece el mercado eléctrico.

Ante esta situación, el presente proyecto contempla el diseño y construcción de una instalación de I+D consistente una planta de producción, almacenamiento y reconversión de Hidrógeno asociada a un parque eólico, con el fin de evaluar y comprobar las posibilidades de almacenamiento y reconversión de la energía eólica producida, así como mejoras y desarrollos en los aerogeneradores que permitan optimizar el conjunto.

El presente proyecto corresponde a un caso real, que actualmente está en fase de tramitación administrativa y cuyos primeros equipos se prevén instalar a finales del año 2009. Se omiten en el presente documento datos concretos del proyecto y de los equipos, debido a compromisos de confidencialidad existentes asociados al mismo.

Igualmente este proyecto supone un paso más en las ya por sí innovadoras instalaciones de hidrógeno, ya que esta instalación de I+D conectará todos los subsistemas de hidrógeno a un suministro eléctrico aislado de red, investigando en el funcionamiento de estos equipos con funcionamientos discontinuos y no estacionarios.

Este tipo de proyectos de generación hidrógeno a partir de energías renovables es una línea prioritaria dentro de la política de lucha contra el cambio climático de la Unión Europea así como de las principales líneas de investigación de la Agencia Internacional de la Energía. Numerosos grupos de investigación nacionales trabajan en este campo, destacando el grupo de investigación del *Task 24 Wind Energy & Hydrogen Integration* coordinado por la Fundación para el Desarrollo de las Tecnologías del Hidrogeno en Aragón y Gamesa.

### **Descripción de la instalación.**

La instalación se compone de dos subsistemas principales: el de generación y el de almacenamiento de energía. La parte de producción de energía eléctrica de este proyecto experimental se realizará a partir de tres aerogeneradores de 2MW de potencia nominal. Para el subsistema de almacenamiento de energía, se ha diseñado un sistema basado en la utilización de tecnologías del hidrógeno como vector energético.

Un esquema general de los equipos principales que integran el proyecto es el que se presenta en la figura siguiente:

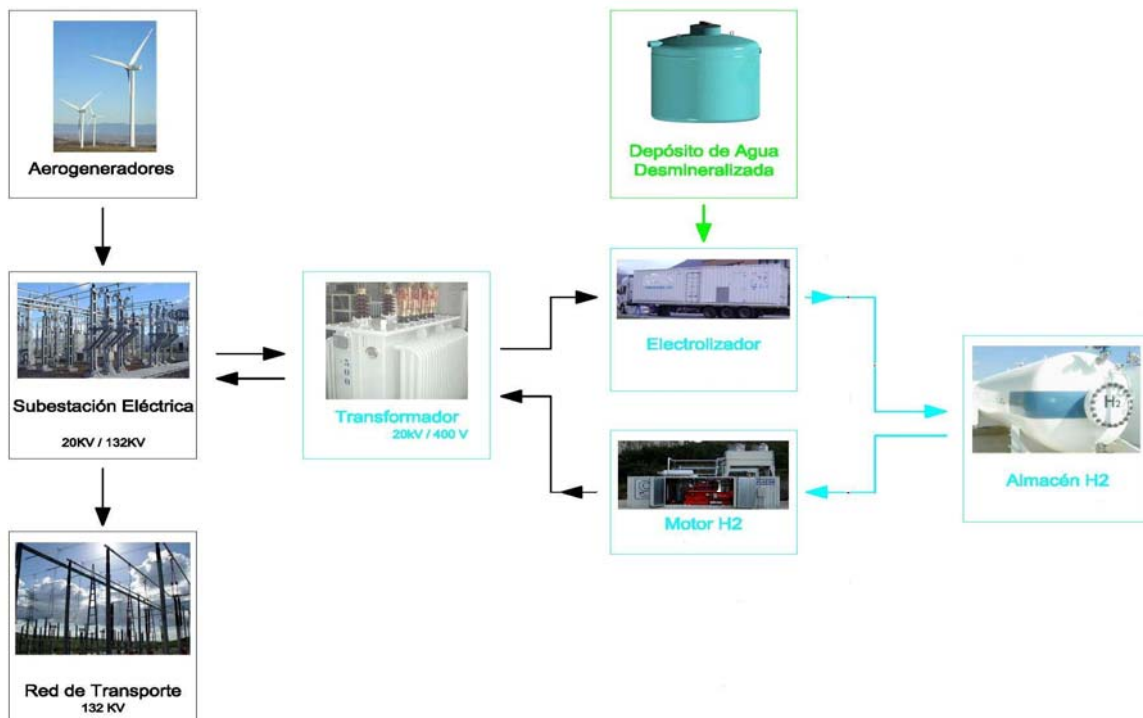


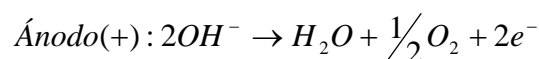
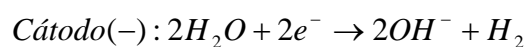
Figura 2: esquema básico de la instalación

El funcionamiento en ideas generales es sencillo. La energía producida por los aerogeneradores llega hasta la subestación, donde puede verse a red directamente o bien puede derivarse a un transformador, el cual realizará la reducción de voltaje para alimentar la fase de almacenamiento que se realizará como ya se ha comentado aprovechando las nuevas tecnologías del hidrógeno como.

El hidrógeno es escaso en forma libre y la mayor parte de él se encuentra combinado con otros elementos, por lo que no puede considerarse una fuente de energía primaria, como sí lo son el gas natural, el petróleo y el carbón. En realidad el hidrógeno es un vector energético, es decir un portador de energía que se debe producir a partir de fuentes primarias.

En nuestro caso dicha producción se realiza mediante un proceso de electrolisis de agua, en la que se produce la disociación de la molécula de H<sub>2</sub>O en sus dos componentes: H<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>. Esta reacción química necesita de un aporte de energía la cual se realiza mediante la aportación de una corriente eléctrica continua mediante un par de electrodos sumergidos en la disolución. El electrodo conectado al polo negativo se conoce como cátodo, y el conectado al positivo como ánodo. Cada electrodo mantiene atraídos a los iones de carga opuesta. Así, los iones negativos, o aniones, son atraídos al ánodo, mientras que los iones positivos, o cationes, se desplazan hacia el cátodo.

En definitiva lo que ocurre es una reacción de oxidación-reducción, donde la fuente de alimentación eléctrica ha sido la encargada de aportar la energía necesaria.



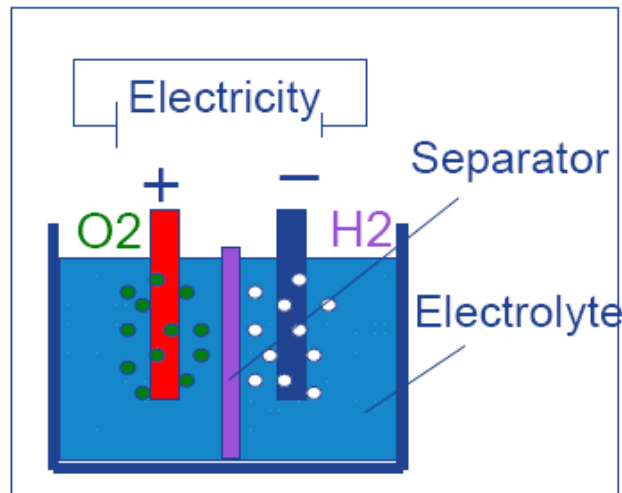


Figura 3 : esquema de un electrolizador alcalino

### Descripción y Funcionamiento de la instalación.

Entre las numerosas configuraciones de operación y funcionamiento posibles para la planta de producción y almacenamiento de hidrógeno, en el presente proyecto se ha escogido como modo de operación principal el denominado "peaking" (peak saving) es decir, producción de hidrógeno durante periodos valles (noche), para su posterior reconversión en electricidad en horas punta del mismo día, en los que el precio de venta de electricidad es superior si se elige la opción de venta en mercado.

Es por tanto una planta cuyo ciclo de operación es diario, sin almacenamiento de energía en un horizonte temporal superior a un día. Aún así, la planta está diseñada para poder estudiar diferentes casuísticas de almacenamiento, en periodos más cortos o bien en situaciones más estacionarias.

La instalación se compone básicamente de un electrolizador que genera el hidrógeno mediante electrólisis de agua, un almacenamiento mediante tanques a presión del hidrógeno producido que acumula la generación diaria, y por último, un motor de combustión de hidrógeno para la etapa de reconversión de energía. Los datos y características técnicas de los equipos se omiten en el presente documento debido a que el proyecto está sometido todavía a confidencialidad.

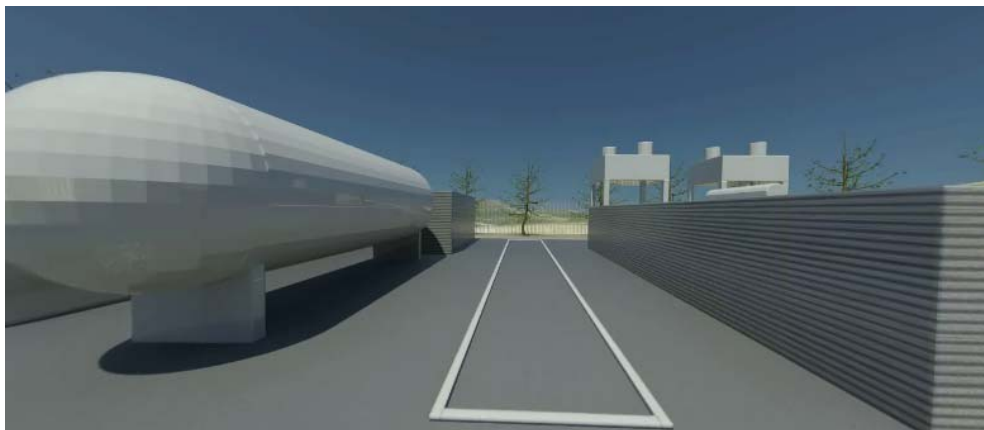
Con todas estas medidas consideradas, se ha diseñado, un sistema de hidrógeno de alta eficiencia con el que se espera llegar a alcanzar un rendimiento de conversión global cercano al 15 %. Este porcentaje, que a priori puede parecer bajo, se obtiene del rendimiento acumulado de todas las transformaciones energéticas del proceso. El electrolizador puede tener un rendimiento estimado en funcionamiento nominal cercano al 70%. En la etapa de almacenamiento solo existe una pequeña pérdida asociada a venteos, que podemos estimar en un máximo de un 2%. Y finalmente, el motor, que en el mejor de los casos llegaría a un 22 % de rendimiento. Por lo tanto el rendimiento total de la planta sería:  $0,7 \times 0,98 \times 0,22 = 15 \%$ .

El incremento de este rendimiento global investigando sobre los diferentes elementos que lo componen supone otro de los objetivos del proyecto, teniendo la posibilidad de estudiar el funcionamiento de los equipos a escala 1:1 fuera de los laboratorios.

La planta propuesta incluye todo el equipamiento para la producción segura de hidrógeno. En particular, el electrolizador está equipado con electrodos especialmente desarrollados para aplicaciones donde la energía es generada de forma discontinua mediante una fuente renovable. Estos electrodos presentan una excepcional eficiencia, son muy robustos, capaces de soportar fuertes variaciones de corriente y no necesitan corrientes de polarización en reposo, de esta forma se simplifica la gestión de los periodos de desactivación. En caso de conexión a la red eléctrica, mejora la eficiencia de los electrodos por la estabilidad de la entrada de V/I. El sistema completo va montado en un contenedor de 40ft para su operación en el exterior.

El almacenamiento de hidrógeno estará formado por un depósito intemperie capaz de almacenar la producción diaria de hidrógeno. El sistema de almacenamiento de hidrógeno, se completará con la valvulería, racorería y sistemas de seguridad necesarios para la correcta operación de la planta.

El sistema de reconversión de energía estará compuesto por un motor de combustión interna de hidrógeno, dimensionado con una potencia nominal que permita la reconversión del hidrógeno almacenado en el tiempo estimado de reconversión. El motor se ubicará igualmente en un contenedor para su emplazamiento intemperie y estará dotado de los sistemas de control, refrigeración y auxiliares.



*Figura 4 : composición de la implantación de los equipos*

Debido al riesgo de explosión que presenta el hidrógeno en contacto con el aire en un rango de volúmenes comprendido entre el 2 y el 75 %, se prevé la instalación de un sistema de inertización mediante llenado de las instalaciones con nitrógeno. El sistema de almacenamiento de nitrógeno estará compuesto por bloques de botellas, los cuales serán suministrados mediante vehículo y almacenados dentro del recinto.

A parte de la electricidad que proviene de los aerogeneradores, la otra “materia prima” necesaria para la producción del hidrógeno es el agua. En este caso y dado que el parque eólico donde se instala está ubicado en una zona alta y sin servicios disponibles se ha previsto el suministro de agua mediante camiones cisterna.

La planta está diseñada para funcionar totalmente de forma automática y se auto adapta en función del procedimiento de control, basado en la demanda de hidrogeno. El circuito de oxigeno no está controlado en su forma funcional basado en la demanda, excepto aquellas funciones que afecten a los controles de seguridad.

## **Conclusiones**

El presente proyecto, cuya puesta en marcha será realizada en el transcurso de unos meses, constituye un primer paso tangible hacia una solución energética de futuro necesaria dentro de un escenario sostenible.

La apuesta decidida a escala internacional por la promoción de las energías renovables, debe ir acompañada de una adaptación de los tradicionales sectores energéticos, de forma que los nuevos avances no impliquen pérdidas de calidad de suministro ni de seguridad en el servicio, a la que todos los usuarios ya nos hemos acostumbrado.

En este campo queda mucho por avanzar, pero gracias a proyectos de este tipo, se irán introduciendo poco a poco en el mundo cotidiano, como ya lo están haciendo recientemente los vehículos eléctricos, o como ya consiguió en su día contra todo tipo de previsiones la omnipresente telefonía móvil.

Finalmente, indicar que la puesta en marcha esta estación no constituye el final del proyecto, sino más bien la lanzadera para otros nuevos proyectos de investigación, que aprovechando este laboratorio a escala real, permita multiplicar los avances en los diferentes sectores.

## **Correspondencia** (Para más información contacte con):

Pedro Montaner Izcue  
IDOM  
C/ Argualas nº3, 2ª pl, 50012 Zaragoza

Phone: +34 976 561 536  
Fax: + 34 976 568 656  
E-mail : [pmi@idom.com](mailto:pmi@idom.com)  
URL : <http://www.idom.com>