LIFE Project Number

<LIFE08 ENV/E/000136>

Action 7. Deliverable 4. Final sustainable objectives of the project report.

Reporting Date

<18/06/2014>

LIFE+ PROJECT NAME or Acronym

<ZERO - HYTECHPARK>

Data Project

Project location	Walqa Technology Park. Ctra. Zaragoza N330A, Km 566, 22197 Cuarte (Huesca), SPAIN
Project start date:	<01/01/2010>
Project end date:	<31/12/2010>
Total budget	1.408.110€
EC contribution:	678.080€
(%) of eligible costs	48,16%

Data Beneficiary

Name Beneficiary	Foundation for the Development of New Hydrogen Technologies in Aragon
Contact person	Mr Luís Correas
Postal address	Walqa Technology Park. Ctra. Zaragoza N330A, Km 566, 22197 Cuarte (Huesca), SPAIN
Telephone	0034 974 215258
Fax:	0034 974 215261
E-mail	director@hidrogenoaragon.org
Project Website	www.zerohytechpark.eu

1. Tabla de contenidos

1. Tabla de contenidos 2
2. Listado de figuras 3
3. Resumen ejecutivo 4
4. Desarrollo del documento 5
1.1. Producción de energía renovable 5
1.2. Sistema cero emisiones de generación eléctrica aislada para lugares remotos. 7
1.3. Producción y distribución de hidrógeno renovable 10
1.4. SAI para servidores informáticos de edificios. 12
1.5. Sistema de reinyección a red eléctrica 13
1.6. Sistema de cogeneración. 13
1.7. Sistema de compresión de hidrogeno mediante hidruros metálicos. 14
1.8. Bicicletas de pedaleo asistido. 15
1.9. Carretilla elevadora. 17
1.10. REVA 17
1.11. *HyTow* 19
5. Conclusiones 20

2. Listado de figuras

Figura 1. Aerogenerador Enercon E33. 6

Figura 2. Seguidores solares en las instalaciones de la Fundación Hidrógeno Aragón. 6

Figura 3. Captadores solares térmicos situados en la azotea. 7

Figura 4. Centro de gestión energético. 8

Figura 5. Paneles de CdTe y Si amorfo en la cubierta del edificio. 8

Figura 6. Panales HIP en cubierta. 9

Figura 7. Pila de combustible de hidrógeno de 1,2 kW. 9

Figura 8. Electrolizador para la producción de hidrógeno. 11

Figura 9. Estación de repostaje de vehículos de hidrógeno. 11

Figura 10. Imagen del sistema SAI de hidrógeno. 12

Figura 11. Pilas de combustible para reinyectar electricidad a la red. 13

Figura 12. Banco de pruebas de pila de combustible de hidrógeno para aprovechamiento eléctrico y térmico. 14

Figura 13. Detalle del compresor de hidruros de la Fundación Hidrógeno Aragón. 15

Figura 14. Flota de bicicletas en el PT Walqa. 16

Figura 15. Carretilla elevadora con el sistema de propulsión de hidrógeno. 17

Figura 16. REVA transformado a vehículo de pila de combustible. 18

Figura 17. *HyTow*. 20

Figura 18. Limpieza de aparcamientos con *HyTow*. 20

3. Resumen ejecutivo

4. Desarrollo del documento

Con el fin de promover el desarrollo sostenible el protocolo de Kioto establece unos compromisos para cada una de las partes que ratificaron ese acuerdo. Estos acuerdos contraídos se basan en cuantificaciones de las limitaciones y reducciones de las emisiones de contaminantes.

Para ello se aplicarán y/o realizarán políticas y medidas de conformidad con las circunstancias nacionales, como por ejemplo:

- Investigación, promoción desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro de dióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales;
- Medidas para limitar y/o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero no controlados por el protocolo de Montreal en el sector del transporte.

Por ello dentro de este proyecto se han realizado diversas acciones que promueven este desarrollo sostenible. Estas acciones están embarcadas tanto para fomentar el uso de nuevas formas de energía, así como el uso del hidrógeno, como para reducir las emisiones contaminantes.

En los siguientes puntos se detallan cada una de las actividades que permiten reducir las emisiones de dióxido de carbono.

1.1. Producción de energía renovable

Las fuentes de energía renovable instaladas en el PT Walqa son energía eólica, energía solar fotovoltaica y energía solar térmica. Con esta generación renovable se cubre entre el 20% y el 40% del consumo eléctrico del PT Walqa y se apoya al sistema de climatización del edificio de Fundación Hidrógeno Aragón (20% ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero).

Energía eólica:

Potencia instalada: 635 kW (3 aerogeneradores: Vestas V29, Lagerway L80 y Enercon E33)

Energía generada: 540 000 kWh/año

Emisiones evitadas: 184 000 kg_{CO2}/año

Figura 1. Aerogenerador Enercon E33.

Energía solar fotovoltaica:

Potencia instalada: 109 kW (4 seguidores solares con un total de 40 kW, 9 kW en la azotea de Fundación Hidrógeno Aragón y 60 kW en las marquesinas del PT Walqa).

Energía generada: 122 000 kWh/año

Emisiones evitadas: 41 600 kg_{CO2}/año

Figura 2. Seguidores solares en las instalaciones de la Fundación Hidrógeno Aragón.

Energía solar térmica:

Potencia instalada: 45 kW (Captadores solares térmicos IMS Calefacción).

Energía generada: 5 400 kWh/año, que equivale al consumo de 519 Nm^3/año de gas natural.

Emisiones evitadas: 1 256 000 kg_{CO2}/año

Figura 3. Captadores solares térmicos situados en la azotea.

1.2. Sistema cero emisiones de generación eléctrica aislada para lugares remotos.

La instalación está compuesta por un sistema de captación solar fotovoltaico de 10 kW que se sitúa en la cubierta del edificio de la Fundación Hidrógeno Aragón. Como sistema de almacenamiento de la energía eléctrica se dispone de un banco de baterías de 48 V nominales, 6,6 kWp y 1990Ah que proporcionan una autonomía de unos 4 ó 5 días a las oficinas de la Fundación Hidrógeno Aragón. Esto permite que se pueda disponer de electricidad en periodos nocturnos o en días con baja radiación solar. El sistema también cuenta con una pila de combustible de 1,2 kW que a partir del hidrógeno de nuestras instalaciones produce electricidad y recarga las baterías.

Potencia instalada: 11,2 kW.

Energía generada: 11 000 kWh/año

Emisiones evitadas: 7 500 kg_{CO2}/año

Figura 4. Centro de gestión energético.

Figura 5. Paneles de CdTe y Si amorfo en la cubierta del edificio.

Figura 6. Panales HIP en cubierta.

Figura 7. Pila de combustible de hidrógeno de 1,2 kW.

1.3. Producción y distribución de hidrógeno renovable

Los sistemas basados en hidrógeno como combustible permiten un menor impacto medioambiental debido a que el único residuo es agua. Pero la obtención del hidrógeno puede tener emisiones de gases de efecto invernadero.

En la actualidad el principal proceso para la obtención de hidrógeno es el reformado de gas natural, donde se emiten muchos contaminantes. Pero existen procesos en los cuales el hidrógeno puede ser obtenido a través del agua, siendo la electrolisis el más desarrollado hasta el momento. Esta producción tiene un menor impacto medioambiental.

La electricidad, junto con el agua, es el elemento más importante para la obtención del hidrógeno con menores emisiones contaminantes. Este puede tener una gran variedad de orígenes, entre ellas se encuentran las fuentes de energía renovables.

La independencia de las fuentes fósiles permite un sistema de distribución y deslocalización de la generación de hidrógeno renovable, lo que está acorde con los valores del protocolo de Kioto.

Coste de energía:	Sistema reformado de gas natural: 25,59 kWh/$kg_{hidrógeno}$
	Sistema hidrógeno renovable: 51,17 kWh/$kg_{hidrógeno}$
Ratios económicos:	Sistema reformado de gas natural: 4,6 €/$kg_{hidrógeno}$.
	Sistema hidrógeno renovable: 2,7 €/$kg_{hidrógeno}$.
Emisiones:	Sistema reformado de gas natural: 18,0 kg_{CO2} /$kg_{hidrógeno}$
	Sistema hidrógeno renovable: 1,2 kg_{CO2} /$kg_{hidrógeno}$

Figura 8. Electrolizador para la producción de hidrógeno.

Figura 9. Estación de repostaje de vehículos de hidrógeno.

1.4. SAI para servidores informáticos de edificios.

La inclusión de una pila de combustible de Hidrógeno en un SAI, permite multiplicar exponencialmente la duración de la alimentación de emergencia. Se alcanzan días y semanas de autonomía, frente a los minutos y horas de los sistemas convencionales. Además, los tiempos de respuesta de los sistemas de hidrógeno tienen un tiempo de respuesta reducido, lo que se traduce en una reacción inmediata a cualquier fallo del suministro eléctrico.

Autonomía: Baterías (sistema colocado anteriormente): 15 min

SAI de hidrógeno: 6 h 15 min

Emisiones: Baterías: 0 kg CO_2 /kWh útil producido

SAI hidrógeno: 0 kg CO_2 /kWh útil producido

Figura 10. Imagen del sistema SAI de hidrógeno.

1.5. Sistema de reinyección a red eléctrica

El hidrógeno es un sistema de almacenamiento de energía eléctrica, por lo que cuando una red eléctrica tiene excedentes energéticos, estos se pueden guardar en forma de hidrógeno. Posteriormente, cuando se necesita un aporte de electricidad extra, se emplean pilas de combustible para transformar el hidrógeno en electricidad y reinyectar la electricidad a la red.

Las pilas de combustible instaladas son de 10 kW formadas por módulos (stacks) de 2 kW cada uno. Tienen una vida de más de 3 000 horas de funcionamiento. Se trata de tecnología de pila de combustible tipo PEM, de cátodo abierto refrigerada por aire.

Las pilas vierten la electricidad producida a través de dos inversores monofásicos de 5 kW que transforman la energía eléctrica en corriente alterna con las características adecuadas para su consumo en nuestro edificio.

La principal ventaja de este sistema, es su respuesta instantánea, ya que se encuentra continuamente preparada para reinyectar.

Emisiones: Generador diesel: 0,27 kg CO_2 /kWh útil producido

Sistema cero emisiones: 0,0 kg CO_2 /kWh útil producido

Figura 11. Pilas de combustible para reinyectar electricidad a la red.

1.6. Sistema de cogeneración.

Se ha integrado una pila de combustible alimentada por hidrógeno en un banco de ensayos como sistema de cogeneración (aprovechamiento simultáneo de electricidad y calor).

El sistema ofrece 4 kW de potencia eléctrica y 3,5 kW útiles de potencia térmica que se utilizan para calentar un depósito intermedio de 150 litros hasta 60 ºC en 2h de funcionamiento. El rendimiento global del sistema es del 70%. El agua caliente es aprovechable tanto para agua caliente sanitaria (ACS) como calefacción.

Emisiones: Pila de combustible de hidrógeno: 0,0kg CO2 /kWh útil producido.

Pila de combustible de gas natural: 0,2kg CO2 /kWh útil producido.

Generador diesel: 0,2kg CO2 /kWh útil producido

Figura 12. Banco de pruebas de pila de combustible de hidrógeno para aprovechamiento eléctrico y térmico.

1.7. Sistema de compresión de hidrogeno mediante hidruros metálicos.

Los estándares actuales para el uso del hidrógeno implican presiones de elevadas, por lo que es necesario comprimir este gas para su transporte y uso. El sistema desarrollado permite la compresión de hidrógeno mediante aporte de calor, a diferencia de los sistemas convencionales que emplean pistones y membranas.

Con esta tecnología se pueden alcanzar presiones superiores a 20 MPa. Para conseguirlo el sistema emplea hidruros metálicos, que llevan empleándose desde hace años para aplicaciones de almacenamiento de hidrógeno gas, por lo que los sistemas son ampliamente conocidos.

Esta solución novedosa para la compresión de hidrógeno aprovecha diferencias de temperatura para llevar a cabo reacciones que permiten aumentar la presión del hidrógeno.

El sistema de compresión emplea esta técnica y consigue unas presiones de compresión y unas calidades de gas de salida superiores a los sistemas convencionales.

Consumo: Sistema convencional: 5 kWh/kgH_2*

Sistema hidruro: 0 kWh/kg_{H2}

Emisiones: Sistema convencional: 1,5 kg $_{CO2}$ / kg_{H2}

Sistema comuro: 0,0 kg $_{CO2}$ / kg_{H2}

Figura 13. Detalle del compresor de hidruros de la Fundación Hidrógeno Aragón.

1.8. Bicicletas de pedaleo asistido.

* kg de hidrógeno comprimido.

Se ha realizado la transformación de una flota de veinte bicicletas de pedaleo asistido. Estas bicicletas están dotadas de un motor eléctrico que, alimentado a través de una batería eléctrica, impulsa al ciclista reduciendo su esfuerzo. Dicho motor se pone en funcionamiento siempre que no se dé una de las siguientes circunstancias:

- La velocidad sea mayor de 25km/h.
- Alguno de los frenos esté pulsado.
- Cese el pedaleo.

Estas bicicletas han sido cedidas al Parque Tecnológico Walqa en el marco de un convenio de colaboración para facilitar los desplazamientos de los trabajadores del parque, reduciendo de este modo las emisiones de CO_2 en la zona.

Consumo energía: Moto: 400 Wh/km

Bicicleta convencional: 0 Wh/km

Bicicleta de pedaleo asistida: 2,7 Wh/km

Emisiones: Moto: 0,1kg CO_2 /km

Bicicleta convencional: 0,0kg CO_2 /km

Bicicleta de pedaleo asistido: 0,0kg CO_2 /km

Figura 14. Flota de bicicletas en el PT Walqa.

1.9. Carretilla elevadora.

Los principales problemas que presentan las carretillas de baterías son los largos tiempos de recarga de las baterías y la escasa autonomía que presentan.

En un mismo turno de trabajo de 8 horas, un operario deberá parar al menos una vez para reemplazar las baterías descargadas por unas cargadas (tiempo perdido en el reemplazo 15-30 minutos); con una carretilla de hidrógeno la recarga se hace inmediata (2-3 minutos) y una única carga permite operar durante todo el turno de trabajo.

En este desarrollo, la Fundación del Hidrógeno en Aragón ha llevado a cabo un balance de planta para la integración de una pila de combustible en la carretilla elevadora.

Emisiones: Carretilla diésel: 0,869 kgCO_2/km

Carretilla eléctrica: 0,0 kg CO_2 /km

Carretilla hidrógeno: 0,0 kg CO_2 /km

Figura 15. Carretilla elevadora con el sistema de propulsión de hidrógeno.

1.10. REVA

Se ha llevado a cabo la conversión de un vehículo eléctrico de baterías a un vehículo eléctrico de pila de combustible de hidrógeno. Esta conversión proporciona aumento en la autonomía

del vehículo (incluso hasta un 50%) y reducción en el tiempo de recarga (periodos de 8 horas inicialmente a recargas de 3-4 minutos).

El motor eléctrico se alimenta a partir de la energía eléctrica que proporciona la pila de combustible. Ésta se alimenta con hidrógeno comprimido a 350bar. El vehículo además cuenta con un sistema de recuperación del calor generado por la pila de combustible, el cual se emplea en el circuito de calefacción del vehículo, reduciendo de este modo el consumo total de energía.

Además, se ha llevado a cabo la homologación del mismo tras la conversión, con lo que el vehículo se encuentra totalmente operativo.

Consumo energía: Diesel/gasolina: 0,68 kWh/km

Eléctrico: 0,16 kWh/km

Pila de combustible: 0,4 kWh/km

Emisiones: Diesel/gasolina: 0,17 kg CO_2 /km

Eléctrico: 0,0 kg CO_2 /km

Pila de combustible: 0,0 kg CO_2 /km

Figura 16. REVA transformado a vehículo de pila de combustible.

1.11. *HyTow*.

HyTow consiste en el desarrollo de un sistema de limpieza de calles autopropulsado.

El prototipo, un carro o remolque, dispone de un depósito de agua con una manguera a presión que permite la limpieza de las calles en los cascos urbanos de las ciudades. La manguera guía el agua a presión propulsada por una bomba alimentada a través de una pila de combustible.

Una pila de combustible es un dispositivo electroquímico que transforma de manera directa la energía del combustible, en este caso hidrógeno, en electricidad; reduciendo tanto la contaminación atmosférica como la acústica.

El manejo o movimiento de la limpiadora por las calles es muy sencillo para el operario, ya que está dotado de un sistema de *jockey Wheel* (rueda especial para desplazamientos) que permite libertad de movimientos.

El sistema equivalente, sería un conjunto formado por depósito y bomba de impulsión, alimentados a través de un motor diésel, incorporado en una camioneta o *pick-up* para los desplazamientos.

Consumo de energía:	Sistema *HyTow*: 37,5 kWh/día
	Sistema pick-up (diésel): 60 kWh/día
Emisiones CO_2:	Sistema *HyTow*: 0 kg CO_2/año
	Sistema *pick-up* (diésel): 3 750 kg CO_2/año
Emisiones acústicas:	Sistema *HyTow*: 70 dB (equivalente al ruido de una oficina)
	Sistema pick-up (diésel): 120 dB (equivalente al despegue de un avión).

Figura 17. *HyTow.*

Figura 18. Limpieza de aparcamientos con *HyTow*.

5. Conclusiones

Gracias al proyecto se han desarrollado un gran número de aplicaciones y tecnologías que permiten la reducción de las emisiones de dióxido de carbono.

Se ha aprovechado la energía renovable a través de tres formas bien diferenciadas, como son la energía eólica, la solar fotovoltaica y la solar térmica. Se han realizado sistemas de

generación de hidrógeno mediante electrólisis con energía proveniente de muy diversas fuentes, y se ha aprovechado este gas para poder realizar diversos proyectos, tanto estacionarios como de movilidad.

La generación de energía renovable supone unos ahorros de 1 480 Mg de dióxido de carbono, siendo la energía solar térmica la que mayores reducciones aporta. Ya que permite el ahorro de grandes cantidades de energía térmica en los meses de invierno y otoño.

Las aplicaciones estacionarias abarcan diversos usos como sistemas auxiliares, sistemas de reinyección eléctrica y compresores de hidrógeno basados en hidruros metálicos, así como aprovechamiento de las ineficiencias de la pila de combustible para obtener energía útil.

Estos sistemas tienen aplicaciones muy variadas, pero en todas ellas se aprovecha el hidrógeno generado en el electrolizador de la Fundación Hidrógeno Aragón. Estos equipos permiten sustituir equipos convencionales por sistemas con las mismas prestaciones, y más eficientes, lo que se traduce en una reducción de las emisiones contaminantes.

Y por último se tienen las aplicaciones móviles que emplean hidrógeno o limitan las emisiones de los gases de efecto invernadero. Dentro del primer grupo tenemos a la carretilla elevadora, el REVA y el *HyTow*, todos estos sistemas emplean una pila de combustible para el transporte y funcionamiento de los mismos. Ya que estos sistemas se alimentan de hidrógeno obtenido de fuentes renovables las emisiones asociadas son cero gramos de dióxido de carbono. Y en algunos casos, como el de la carretilla, las ventajas del empleo del hidrógeno en lugar de sistemas de baterías es evidente y práctico.

Y en el segundo grupo se encuentran las bicicletas, que permiten realizar desplazamientos dentro del parque desincentivando el empleo de otros vehículos como motocicletas o automóviles.

Así, el empleo de las energías renovables y el gas hidrógeno que actúa como sistema de almacenamiento energético, permiten desarrollar un gran número de actividades que reducen el impacto medioambiental de la actividad humana.