

FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA INTEGRADO INSTALADO EN LA BASE ESPERANZA

M.J., Lavorante¹, J.I. Franco², M.D. Cabezas³, H.J. Fasoli⁴, A.R. Sanguinetti⁵, R. Aiello⁶, A.E. Frak⁷ y J.E. Rodriguez Aralla⁸.

Departamento de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables (CITEDEF-EST), San Juan B. de La Salle 4397, B1603ALO, Villa Martelli, Provincia de Buenos Aires, Argentina, Tel. 011-47098100 int 1472 e-mail: mjlavorante@gmail.com, jfranco@citedef.gob.ar

Recibido: 09/08/12; Aceptado: 25/09/12

RESUMEN:

En enero del 2007 se puso en funcionamiento un sistema experimental integrado para la producción de energía en la Base Esperanza de la Antártida. Por medio de un sistema electrónico de adquisición de datos, desde mediados de febrero del 2009 y hasta mayo del 2012, se acumularon 2485 horas de funcionamiento, con períodos diarios de operación variables de acuerdo con las actividades del personal de la Dirección Antártica del Ejército. El uso de la batería se hizo más intensivo este último año, aumentándose el tiempo de funcionamiento semanal.

En este trabajo analizamos el comportamiento del sistema integrado desde sus inicios y luego de la incorporación de un depósito de almacenamiento de gases. Se ha encontrado que el depósito incrementa ligeramente las presiones de dihidrógeno y de dióxígeno en la batería a combustible y las mantiene constantes, evita la difusión a contracorriente del aire y permite trabajar a una menor intensidad de corriente en el electrolizador.

Palabras Claves: batería a combustible PEM, depósito de almacenamiento.

INTRODUCCIÓN

Todas las energías renovables tienen algún grado de variación temporal no solo a lo largo del día, sino también a través de las distintas estaciones del año. Es decir que no son constantes: en algunos momentos se cuenta con mayor disponibilidad de recursos que en otros. Si lo que se pretende es hacer un uso intensivo de estas fuentes renovables de energía es necesario la presencia de un regulador, es decir un sistema que permita acumular el exceso de energía para utilizarla en el momento y en el lugar que se requiera. El hidrógeno puede ser la respuesta: es una fuente limpia de energía ya que al ser usado en una pila de combustible produce energía y agua. Puede obtenerse empleando cualquier tipo de fuente de energía, aunque el uso de energías renovables para su obtención lo hace más atractivo. Además, puede ser utilizado para almacenamiento estacional en distintas formas: como gas comprimido, como gas licuado y en hidruros metálicos. También, puede ser transportado y puede ser obtenido mediante distintos métodos: electroquímicos, químicos y biológicos.

En la base Esperanza hemos instalado un sistema de este tipo, que comenzó a funcionar en forma efectiva en marzo de 2007 (Franco et al., 2010). Las razones de por qué el emplazamiento de este sistema integrado se encuentra en la Antártida (Figura 1) son:

¹ Investigador Ayudante (CITEDEF).

² Director del Departamento de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables (CITEDEF).

³ Proyectista Asociado del Lab-PEM-H (CITEDEF).

⁴ Director de Investigación Aplicada e Ingeniería del Laboratorio de Pilas PEM a Hidrógeno, Lab-PEM-H (CITEDEF-EST).

⁵ Investigador Asociado del Lab-PEM-H (CITEDEF-EST).

⁶ Técnico del Lab-PEM-H.

⁷ Becario del PIDDEF 22/11.

⁸ Becario del PIDDEF 22/11.



Figura 1. Base Esperanza. Antártida.

Ubicación: emplazamiento aislado (se encuentra a grandes distancias) de un eventual servicio técnico, lo que dificulta operaciones frecuentes de logística.

Instalación y operación del sistema integrado *por operadores* que *no* son *especialistas* en el tema, lo que permite evaluar la simplicidad en su manejo.

Condiciones de operación adversas: la temperatura óptima de operación para una pila de combustible de estas características es de 80°C y en el laboratorio de la base se alcanzan temperaturas menores a los 25°C, con posibilidades de que se den situaciones próximas a 0°C dentro de las habitaciones. (Fasoli et al., 2010).

El sistema integrado consiste en un generador eólico de energía eléctrica de corriente alterna, que alimenta una fuente de corriente continua la cual a su vez está unida a un reactor electroquímico (electrolizador). Del electrolizador alcalino se obtienen dihidrógeno y dióxígeno en forma de corrientes gaseosas separadas, a través del paso de ambos gases obtenidos por recipientes que contienen agua destilada (frascos lavadores) para regular el contenido de humedad de los gases. Estos gases son los reactivos de la batería de combustible a hidrógeno donde se genera corriente continua galvánica. Un televisor portátil color, CITIZEN STO551R (6 V; 2,5 W), se alimenta de esa energía eléctrica generada por la pila a combustible. En enero del 2012 se incorporó al sistema un depósito de almacenamiento que contiene el combustible y comburente (Figura 2).

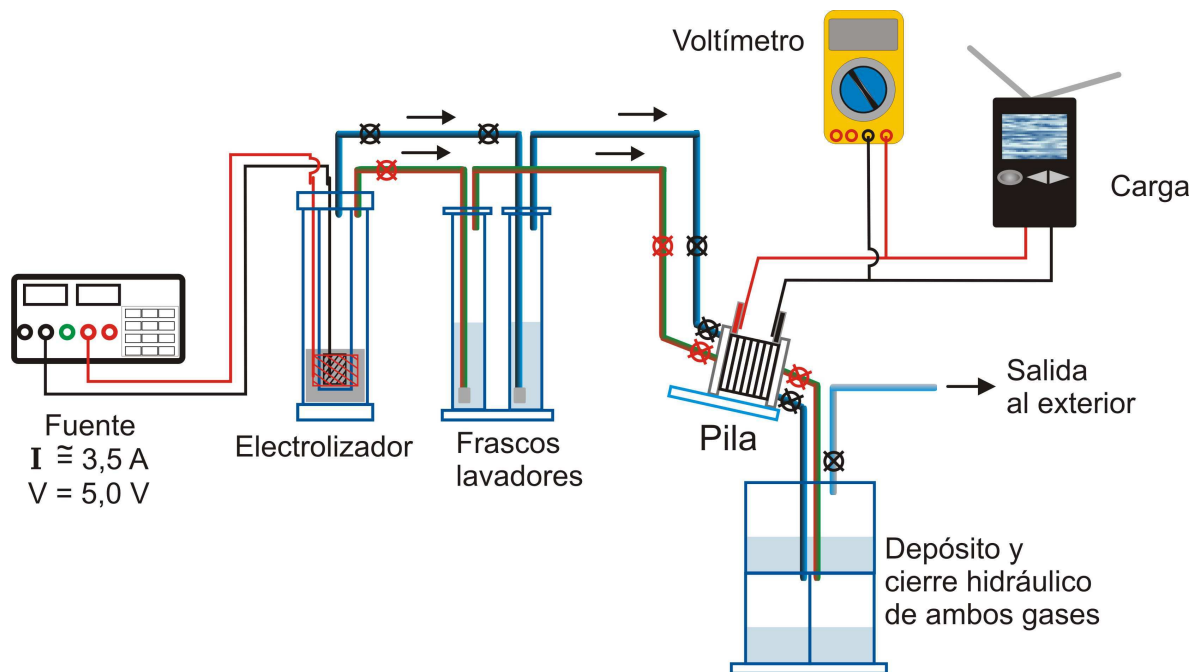


Figura 2. Sistema Integrado Experimental.

El objetivo era construir un sistema deliberadamente simple para disminuir gastos energéticos provenientes de componentes periféricos a pesar de que la batería no trabaje en condiciones de rendimientos óptimo. (Franco et al., 2010)

DESARROLLO EXPERIMENTAL

El sistema integrado (fuente + electrolizador + batería + carga y depósito) una vez puesto en funcionamiento por personal de la base destinado a tal fin, es monitoreado por un sistema de adquisición de datos que consiste en un dispositivo electrónico conectado a una PC y su software asociado. Este sistema registra parámetros como: tensión, corriente, temperatura y potencia de la batería a lo largo del tiempo. Los datos se envían por correo electrónico a nuestro laboratorio para el registro, análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Los parámetros operativos de la pila de combustible son (Fasoli et al., 2011):

Potencial a circuito abierto, VOC: 5,5 V

Potencia máxima, $P_{\text{máx}}$: 12,9 W

Corriente entregada a la $P_{\text{máx}}$: 5,2 A

La superficie activa de cada elemento de la batería es 16 cm^2 .

El depósito de almacenamiento consiste en dos depósitos, uno para el combustible (H_2) y el otro para el comburente (O_2) generados en exceso respecto del consumo, por el electrolizador alcalino. Este agregado al sistema original, permite no solo aprovechar prácticamente el total de la energía generada, sino también disponer de ella en forma continua, salvando las oscilaciones y discontinuidades de la fuente primaria. Ambos depósitos se encuentran conectados a un mismo reservorio de agua colocado sobre el nivel de estos de modo tal que, a medida que se acumulan los gases, el agua es desplazada hacia este recipiente. La sobrepresión generada permitirá entregar combustible y comburente a la batería según la demanda. El depósito de agua equilibra además las presiones en ambos gases, e impide que por flujo insuficiente sea posible un retroceso de aire del lado H_2 que dañe la membrana de la pila. La cantidad de combustible disponible es de 9,6 litros a 1,05 atmósferas (1064 hPa), equivalente a 10 litros a 1 atmósfera (1013 hPa). El material seleccionado para su construcción fue acrílico cristal para poder analizar visualmente el consumo de los gases o cualquier modificación dentro del sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sistema Integrado.

A continuación se presenta uno de los gráficos obtenidos mediante el sistema adquisición de datos (Figura 3).

Aplicacion: BASE ESPERANZA. PILA DE HIDROGENO

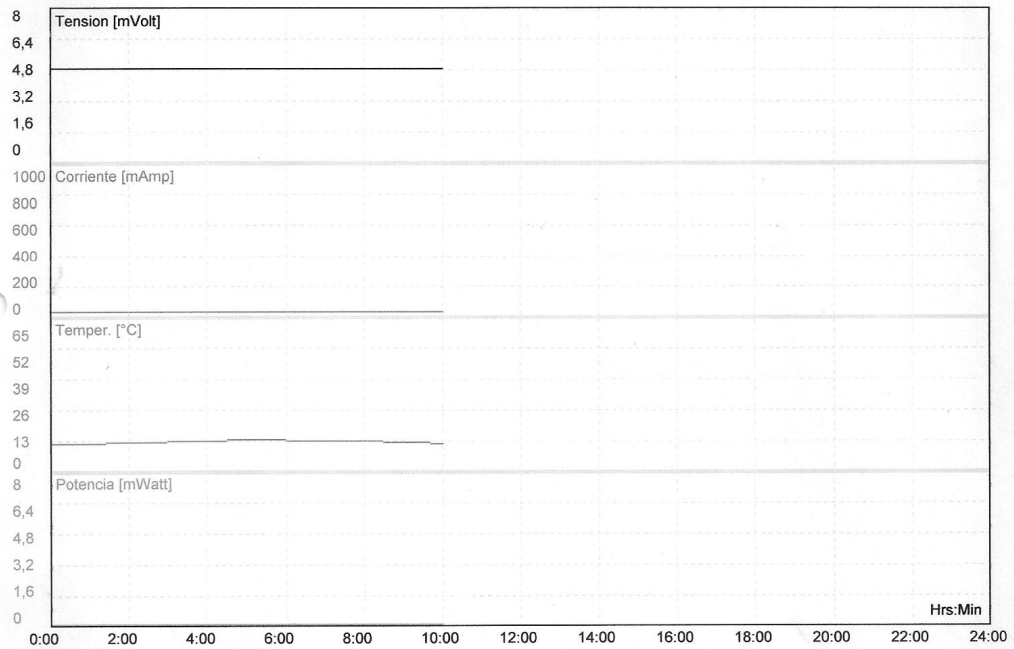


Figura 3. Representación gráfica de los datos obtenidos en una jornada de trabajo, por el sistema electrónico de adquisición de datos.

A partir de los valores obtenidos de los parámetros se construye una gráfica que muestra el comportamiento del potencial de la batería a combustible en función del tiempo (Figura 4).

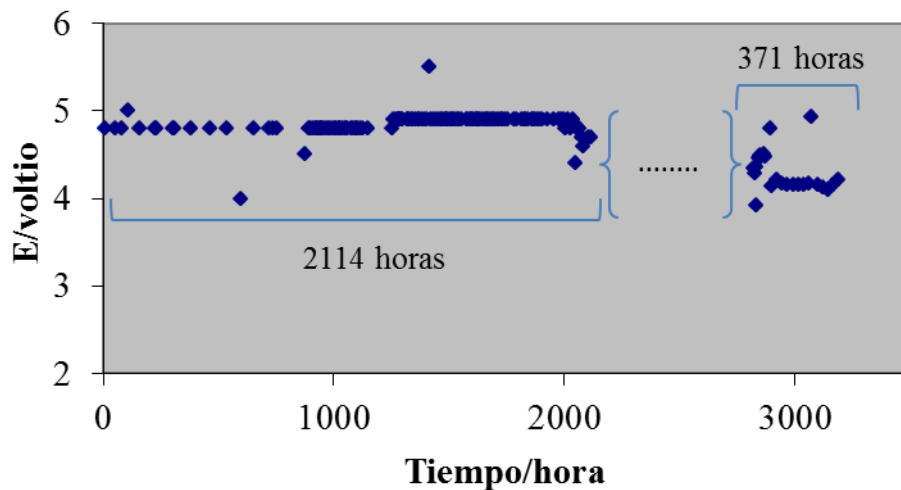


Figura 4. Representación gráfica del potencial en función de las horas de funcionamiento.

Los puntos que se desvían de la horizontal corresponden a instancias de puesta en marcha del sistema integrado luego de efectuar alguna operación de mantenimiento como puede ser la recarga de agua en el electrolizador, la eliminación del agua acumulada dentro de la batería a combustible o de la purga preventiva con nitrógeno.

La discontinuidad que se presenta en la figura 4, que se dio entre los meses de mayo y diciembre del 2011, no se debe a una interrupción en el funcionamiento del sistema, sino a la pérdida de los registros de datos por problemas en el software utilizado. Esta contingencia hace que en ese lapso no se hayan considerado los valores de los parámetros obtenidos, a pesar

de los indicadores (es decir las observaciones y registros realizados por el operador en la base) que confirman la continuidad del funcionamiento del sistema (en condiciones similares a las registradas inmediatamente antes y después de ese período).

Depósito de almacenamiento.

Para poner a prueba el depósito de almacenamiento se realizaron numerosos ensayos. Una de las configuraciones preliminares completas (a excepción de la fuente de alimentación) se muestra en la siguiente fotografía (Figura 5). Esta configuración es una propuesta similar al sistema final adoptado. El sistema que se muestra en la figura 5 está compuesto por un electrolizador alcalino monopolar, conectado a dos frascos lavadores, que regulan la humedad de los gases. Los frascos lavadores suministran el combustible y comburente con las características apropiadas para su ingreso a las tres pilas de combustible conectadas en serie para encender 14 leds y una radio.

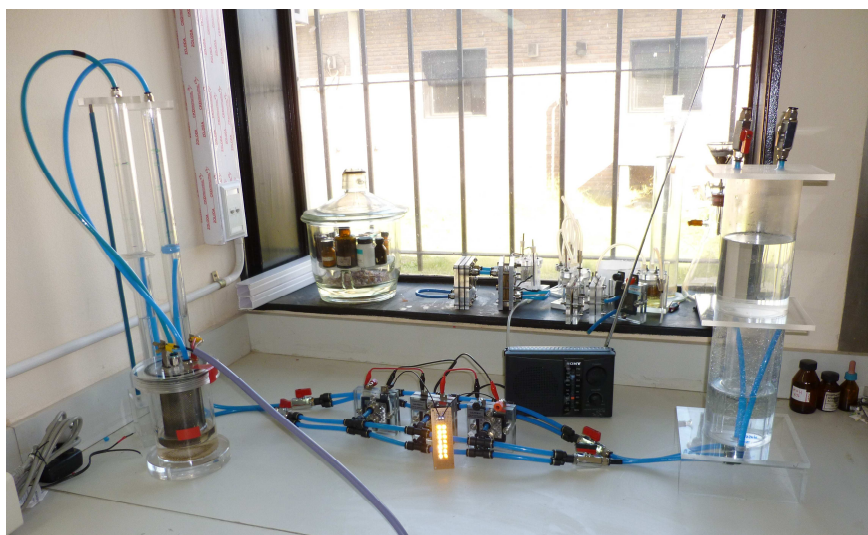


Figura 5. Sistema preliminar propuesto para evaluar el comportamiento del depósito de almacenamiento.

Para realizar las pruebas con el dispositivo de almacenamiento final se conectó a una pila de 12 elementos, una lámpara de 120 leds de alta luminosidad de potencia nominal 6 W como carga de referencia. El sistema demostró tener una autonomía de 18 horas, manteniendo la luminaria encendida sin aporte energético externo. En otras palabras, es capaz de sostener –en ausencia de fuente primaria de energía- 18 horas de servicio continuo, o tres días si se considera, por ejemplo, un encendido de 6 horas diarias.

CONCLUSIONES

No hay duda de que si se quiere emplear un sistema integrado de este tipo, el equipo debe ser robusto, simple y eficiente. La posibilidad de poder colocar un sistema de estas características en la Antártida permitió evaluar: su robustez al soportar las inclemencias del clima y de las distancias que nos separan con la base, su simplicidad que permite ser operado por gente no especializada y su eficiencia que es mejorada en la medida que se avanza en el estudio del tema.

El sistema integrado demostró operar satisfactoriamente tanto en forma intermitente como en amplios períodos de operación continua. Lamentablemente por el problema sufrido con el software no se pudieron incorporar a la representación gráfica de la figura 4 todos los días en donde el sistema funcionó durante las 24 horas; sin embargo los operadores de la base llevan un registro manual de las condiciones de funcionamiento durante este período.

Se ha encontrado que la eficiencia del sistema integrado propuesto aumenta con respecto al sistema anterior, debido a la incorporación del depósito de almacenamiento. La corriente consumida efectivamente por la carga (televisor) es de 0.5 A ($i \approx 0.5$ A). Sin embargo, la corriente consumida en el electrolizador con rendimiento ideal sería seis veces mayor ya que cada elemento de la batería de 6 elementos consume el equivalente de flujo de hidrógeno correspondiente a 0.5 A por elemento, dando un total de 3 A. En el caso real se consumen 3,5 A siempre y cuando esté presente en el sistema el depósito de almacenamiento. En el caso contrario, es decir, cuando los gases producidos por el electrolizador circulan por la pila y los que no son consumidos se liberan, el rendimiento es menor debido a que el flujo de gas circulante es mayor al que corresponde para sostener el flujo de electrones en los conductores.

Por otro lado, el depósito de almacenamiento permite mantener la presión del combustible y el comburente dentro de la batería a combustible, aumentando ligeramente su presión debido a la presencia de la columna de agua dentro del depósito en

uno de los compartimentos. El hecho de mantener la presión constante evita la difusión inversa del aire que eventualmente podría mezclarse con el hidrógeno y producir daños irreversibles en la membrana de la batería a combustible. Otro efecto importante que se obtiene al mantener constante la presión es que permite trabajar en la batería a combustible con un caudal de hidrógeno menor. Esto tiene como consecuencia directa la aplicación de una menor densidad de corriente sobre el electrolizador, disminuyendo de esta forma su consumo energético a lo largo del tiempo, lo que haría una vez más al sistema integrado mucho más eficiente, así como sustentable.

Mediante la incorporación de un depósito de almacenamiento de gases se ha logrado obtener un uso más eficiente de la energía renovable disponible, ya que el depósito permite almacenar los gases que se generan a través de la electrólisis y que no emplea la batería a combustible en los momentos del día en donde hay exceso de energía. Esto permite hacer uso de la energía renovable aún en los momentos donde presenta déficit, estabilizando de alguna manera la variación temporal que este tipo de energías posee a lo largo de un día.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los subsidios recibidos del Ministerio de Defensa Argentino (PIDDEF 22/11 y 21/11) para el desarrollo y la investigación para la mejora del medio ambiente. Al mismo tiempo las becas otorgadas a dos de ellos Alejandro Frak y Jonathan Rodríguez Aralla, y a la Fundación YPF por la beca otorgada a María José Lavorante para realizar sus estudios de doctorado. También y muy especialmente a los integrantes del Laboratorio Base Esperanza de la Dirección Antártica de Ejército.

REFERENCIAS

Franco J.I., Fasoli, H.J., Sanguinetti A.R. y Lavorante M.J. (2010). Mejoras en el sistema autónomo de generación de energía instalado en la Base Esperanza de la Antártida. AVERMA 14, versión digital 09.01-09-06.

Fasoli H.J., Franco J.I., Sanguinetti A.R., Lavorante M.J. y Aiello R. (2010). Integrated Experimental System for on-demand energy generated of Base Esperanza. Scientific Comitee on Antartic Research XXXI and Council of Managers of National Antartic Programs XXII (SCAR XXXI y COMNAP XXII), Ciudad de Buenos Aires.

Franco J.I., Sanguinetti A.R., Gabino E.C. y Fasoli H.J. (2010). Funcionamiento y estabilidad en el tiempo de un sistema energético con batería PEM a combustible y sus componentes periféricos. Información Tecnológica 21, 5, 125-133.

Franco J.I., Fasoli H.J., Sanguinetti A.R., Lavorante M.J., Aiello R.M. y Marchisio B.L (2011). 2000 horas de funcionamiento continuo de un sistema de generación de energía instalado en la Base Esperanza de la Antártida. Actas del 4to Congreso Nacional – 3er Congreso Iberoamericano Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía. HYFUSEN 2011. Versión digital 03-070.

ABSTRACT

Since January 2007 we have been working in an experimental integrated system for production of energy at Base Esperanza, Antarctica. From February to May, 2012, the system worked 2485 hours; operation parameters were recorded through a electronic system data acquisition. Military personnel are in charge of operating the integrated system, which is an activity additional to those they regularly perform in the base. The integrated system was used more intensively in 2012, increasing the number of hours per week that it operated.

In this work we analyzed the behaviour of the integrated system with the incorporation of a storage tank. We found out that the storage tank allows to maintain the fuel and the oxidant pressure after slightly increasing the pressure of hydrogen and oxygen in the fuel cell. This does not permit the diffusion of the air against the current and it makes it possible to operate with a lower current density in the alkaline electrolyzer.

Keywords: PEM fuel cell, tank storage