



Una fuente de energía eficiente y limpia

Alvaro A. Orellana¹, MSc. Ing. Jorge Ivan Cifuentes²

aorellanaleal@gamil.com

jicifuentes@ing.usac.edu.gt

1 Cursante de Maestría en Energía y Ambiente, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala 01012

2 Catedrático de Maestría en Energía y Ambiente, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala 01012

Astract

The energy source most used in the world and represents an environmental problem, is that from the fossil fuels, oil and natural coal, these reserves are finite becoming depleted. While we use fossil fuels, waste we get are greenhouse gases that increase the temperature of the planet, the polar ice caps melt, providing a very negative effect on the planet, that is why an alternative to fossil fuels are the energies one alternative being hydrogen. Hydrogen is an ideal fuel: extracted water is abundant and inexhaustible, the combustion of hydrogen with air is clean, thus avoiding contamination of the environment, the product of burning hydrogen is water, with the aim of preserving the environment environment and save natural resources, scientists and companies in which energy consumption is high, have driven research on this gas when considering it one of the most viable to replace conventional fuels. The new fuels have challenges, one of which is to minimize the damage to the atmosphere, hydrogen differs from fossil fuels to the extent that its use is compatible with the cycles of natural generation. If hydrogen production comes from alternative energy such as solar, hydro, wind, or biomass, can be used almost without causing harmful emissions.

Keywords: Fuel cell, cell types, Processing Energy, Power Conditioning.

Resumen

La fuente de energía de mayor utilización en el mundo y que representa un problema ambiental, es la que proveniente de los combustibles fósiles, el petróleo y el carbón natural, estas reservas son finitas y llegará a agotarse. Mientras utilizemos combustibles fósiles, los desechos que obtenemos son gases de efecto invernadero que incrementan la temperatura del planeta, se derriten los casquetes polares, proporcionando un efecto muy negativo para el planeta, es por ello que una alternativa al uso de combustibles fósiles son las energías alternativas siendo una de ellas el hidrogeno. El hidrógeno es un combustible idóneo: extraído del agua es abundante e inagotable, la combustión del hidrogeno con el aire es limpia, evitando así la contaminación del medio ambiente, el producto de la combustión del hidrogeno es agua, con el afán de preservar el medio ambiente y ahorrar los recursos naturales, los científicos y las empresas en las que su consumo energético es elevado, han impulsado la investigación sobre este gas al considerarlo uno de los más viables para sustituir a los combustibles convencionales. Los nuevos combustibles tienen retos, uno de ellos es reducir al máximo el daño hacia la atmosfera, el hidrogeno se diferencia de los combustibles fósiles en la medida en que su utilización es compatible con los ciclos de generación natural. Si la producción de



MAESTRIA EN ENERGIA Y AMBIENTE

hidrógeno proviene de energías alternativas como la fotovoltaica, hidráulica, eólica, o biomasa, puede utilizarse casi sin causar emisiones nocivas.

Palabras Claves: Celda de combustible, Tipos de celdas, Procesamiento de energía, Acondicionamiento de Potencia.

Introducción

Hace millones de años nuestro planeta generó la reserva actual de petróleo y gas natural, un patrimonio valioso y magnífico que estamos desperdiciando tan efectivamente que raya en la perfección. Este proceso se ampliará significativamente cuando China y la India comienzan a consumir en las cantidades que lo hacen los países más desarrollados y avanzados. Si esta situación no se cambia con prontitud, las consecuencias serán irreversibles. La situación sólo empeorará a medida que nos acercamos a un pico de consumo mundial de petróleo, para el período 2030-2040 comenzará a reducirse la cantidad extraída. El problema de la energía en nuestro planeta es de tal importancia que los gobiernos empiezan a ser conscientes de la necesidad de ahorro, generación limpia y almacenamiento de energía eléctrica, para la generación limpia existen empresas que construyen sistemas de generación de energía eléctrica no contaminantes, entre los más importantes y, dependiendo de la fuente de producción están: solar / fotovoltaica, eólica y la biomasa. Se están buscando nuevas fuentes de energía renovable, por lo que se han realizado estudios en una tecnología que promete ser clave en los próximos años: las celdas de combustible. La primera celda de combustible fue construida en 1839 por Sir William Grove, un juez y científico galés que demostró que la combinación de hidrógeno y oxígeno podía generar de electricidad, además de agua y

caliente. El verdadero interés en las celdas de combustible como un generador práctico llegaron a inicios de los años sesenta de nuestro siglo, cuando el programa espacial de los Estados Unidos seleccionó las celdas de combustible para proporcionar electricidad y agua a la nave espacial Géminis y Apolo, la industria las reconoció como una opción técnica pero en ese entonces enfrentaban barreras aún tecnológicas y altos costos de producción. Hoy en día, las aplicaciones espaciales ya no son el único uso práctico, ya que las celdas de combustible están pasando por un gran momento, han alcanzado una etapa tecnológica que les permite estar cada vez más en condiciones de competir con las tecnologías de generación de energía convencional, que ofrece grandes ventajas sobre ellos [Hirschenhofer, J. H. et al., 1998].

Celda de Combustible

1. Fundamentos

La celda de combustible es un dispositivo electroquímico capaz de transformar la energía química almacenada en un combustible, como hidrógeno o un alcohol, en energía eléctrica. Por ejemplo, Se puede generar electricidad mediante la combinación de hidrógeno y oxígeno electroquímicamente sin combustión. Estas celdas no se agotan como lo haría una batería, o que haya necesidad de recargar, ya que producen energía en



MAESTRIA EN ENERGIA Y AMBIENTE

forma de electricidad y calor que se proporcionan con el combustible. En la práctica, la corrosión y la degradación de los materiales y componentes pueden limitar la vida de la celda. La forma en que operan es por una célula electroquímica que consta de dos electrodos, un ánodo y un cátodo separados por un electrolito. El oxígeno proveniente del aire pasa sobre un electrodo y el gas de hidrógeno pasa por el otro. Cuando el hidrógeno se ioniza en el ánodo se oxida y pierde un electrón; cuando esto ocurre, el hidrógeno oxidado (ahora

como protón) y el electrón toman caminos diferentes con dirección al segundo electrodo llamado cátodo. El hidrógeno lo hará a través del electrolito mientras electrón hace a través de un material conductor externo (carga). Al final de su camino se reencuentran en el cátodo donde se produce la reacción de reducción o ganancia de electrones del oxígeno para formar agua junto con el hidrógeno oxidado. Así, este proceso produce agua 100 % pura, electricidad y calor útil, por ejemplo, la energía térmica (Figura 1)

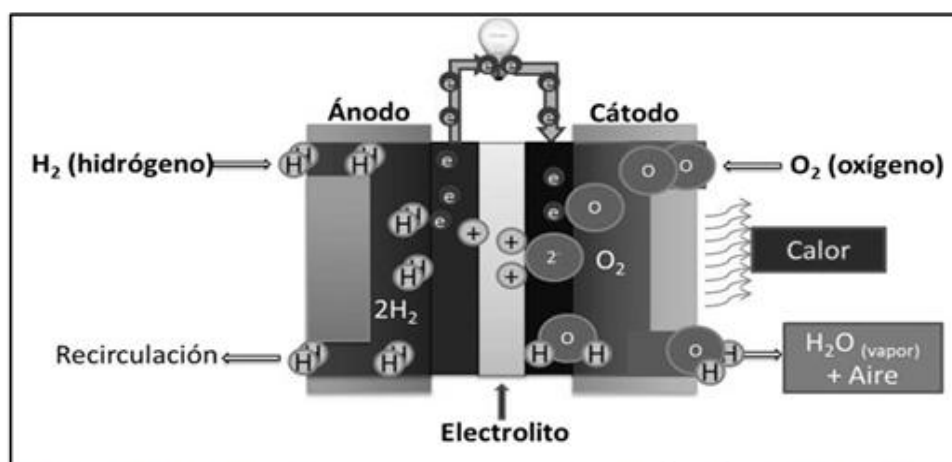


Figura 1. Esquema de los componentes de una celda de combustible de óxido sólido y su funcionamiento.
Fuente: Rozo y Tibaquirá, 2007.

A diferencia de las máquinas de combustión interna donde la eficiencia de la combustión se rige por el ciclo de Carnot y es limitada por la temperatura, la eficiencia teórica de pilas de combustible viene dada por las leyes de Faraday, que se refieren a la corriente producida en una reacción electroquímica con cantidad de material reactivo, es decir, con la cantidad de combustible. La mayor ventaja de las celdas de combustible características alcanzan una alta eficiencia durante la generación de electricidad y la ventaja de introducir cero emisiones contaminantes cuando el

realmente radica en que no están limitadas por la temperatura, lo que les da el gran beneficio de tener alta eficiencia. Por lo tanto, en teoría, cada molécula gas de hidrógeno producirá dos electrones libres y, junto con un átomo de oxígeno reducido generará una molécula de agua. Tal reacción electroquímica es exotérmica, así el calor es independiente y por lo tanto se puede utilizar para incrementar la eficiencia de las células gas. Estas combustible es hidrógeno, hace de las celdas de combustible los mejores candidatos para la generación de energía eléctrica. Por otra parte, también ofrecen



MAESTRIA EN ENERGIA Y AMBIENTE

la posibilidad de utilizar casi cualquier combustible que contenga hidrógeno, aunque hidrocarburos tal como el gas natural, metanol, etanol, biogás y el propano y diésel y la gasolina son los que han recibido mayor atención por razones de tipo práctico.

Una variedad de celdas de combustible está en etapa de desarrollo, pueden ser clasificadas de acuerdo a sus características:

- Por el tipo de uso.
- Por el tipo de combinación de combustible y oxidante.
- Por el tipo de procesamiento de combustible (interno y externo).
- Por el tipo de electrolito usado.
- Por la temperatura de operación.
- Por su potencia (alta, media, baja).

La clasificación más generalizada es relacionada con el tipo de electrolito empleado:

- Celda de combustible de electrolito polimerico (PEMFC).
- Celda de combustible tipo alcalina (AFC).
- Celda de combustible de ácido fosfórico (PAFC).
- Celda de combustible de carbonato fundido (MCFC).
- Celda de combustible de óxido sólido (SOFC).

Hay dos características que impactan en las celdas de combustible, ellos son: temperatura de operación y la vida útil, que influyen en el comportamiento de la celda y en las propiedades fisicoquímicas y termomecánicas de todos los materiales utilizados (electrodos, electrolitos,

interconexiones, colectores de corriente).

Con respecto a la temperatura de funcionamiento en un CC, que se considera como uno de los parámetros de importancia vital ya que afecta directamente el combustible que se puede utilizar, por ejemplo, en las celdas de combustible de baja temperatura con electrolitos acuosos, combustible que predomina es el hidrógeno, mientras que en las celdas de alta temperatura hay más diversidad en el uso de los combustibles, esto es esencialmente que se pueden utilizar debido a su inherente velocidad en la cinética de reacción y menor necesidad de actividad catalítica en las reacciones a temperaturas elevadas.

En general, las celdas de combustible de alta temperatura tienen como objetivo principal la generación de energía eléctrica mayor a 1 MW, mientras que las de baja temperatura están diseñadas para salidas menores a 1 MW. La razón principal por la que las celdas de combustible de alta temperatura están diseñadas para las aplicaciones de generación de energía de alta potencia es la mayor eficiencia, en comparación con las de baja temperatura. Esto se debe en parte a que las reacciones de oxidación no requieren de materiales electrocatalizadores ya que ocurren con mayor facilidad. Los electrocatalizadores son necesarios cuando las reacciones se producen a baja temperatura y generalmente son materiales costosos basados en metales nobles como el platino. Por otra parte, la generación de vapor de alta temperatura con suficiente energía calorífica en las celdas de alta temperatura favorece la cogeneración utilizando, por ejemplo, turbinas de gas, ciclos convencionales vapor o ambos, incrementando así la eficiencia.



MAESTRIA EN ENERGIA Y AMBIENTE

Ventajas de las pilas de combustible

Las ventajas más destacables de las Pilas de combustible son las que se indican a continuación:

- Bajo impacto ambiental

Al no haber combustión a alta temperatura, en los gases residuales no se producen ni hidrocarburos sin oxidar ni óxidos de nitrógeno. Tampoco se produce SOx debido a que el sistema exige y realiza la depuración previa del azufre contenido en el combustible para obtener una larga vida de las celdas electroquímicas.

- Flexibilidad de operación

Una sola celda de combustible normalmente genera una tensión de aproximadamente 0,5V a 1V y puede ser conectada en serie con otras celdas para obtener la tensión deseada (son elementos de bajas tensiones y altas intensidades). La corriente producida es una función del área de la celda. La eficiencia es relativamente constante en un amplio rango de carga (del 30% al 100%). En contraste, los sistemas convencionales son poco flexibles, ya que para optimizar su eficiencia ha de mantenerse la carga por encima del 80%, utilizándose en producción toda-nada. Como consecuencia, algunas unidades de punta operan únicamente durante cortos períodos al año.

- Carácter modular

La disponibilidad de las pilas de combustible como módulos independientes incorpora ventajas adicionales.

- Eficiencia

Las pilas de combustible son inherentemente más eficientes que cualquier sistema convencional de generación de energía; esto es debido a que no están sujetas a las limitaciones del ciclo de Carnot. Comprobémoslo haciendo unos cálculos: La eficiencia, E , de las máquinas de combustión

interna o de las máquinas de vapor, dos de los métodos más ampliamente utilizados en la generación de energía eléctrica, está limitada por las temperaturas a las cuales el calor es suministrado (T_{2C}) y evacuado (T_{1C}), de acuerdo con el ciclo de Carnot.

La eficiencia se calcula usando la fórmula: $E = (T_{2c} - T_{1c})/T_{2c}$, y la eficiencia teórica máxima para las máquinas térmicas está entre el 40% y el 50%. En una pila de combustible la eficiencia máxima vale $E_{max} = 94,5\% > E$ de las máquinas térmicas

Las celdas de combustible tienen desventajas, las cuales impiden su expansión, entre las cuales están:

- Alto costo inicial.
- Introducción en el mercado comercial muy lenta.
- El manejo, almacenamiento y distribución de hidrógeno.

Conclusiones y Recomendaciones

- **Conclusiones:** Estamos en la era de la revolución del hidrógeno, existen perspectivas en la generación, almacenamiento, distribución, proyectos y aplicaciones del más sencillo de los elementos químicos. El hidrógeno es el portador energético del siglo XXI.
- El hidrógeno es un recurso energético limpio, por lo tanto, la celda de combustible constituye una tecnología energética prometedora al panorama energético mundial, al estar disponible a gran escala, tal como sucedió con los paneles fotovoltaicos, a corto plazo, puede revolucionar la forma en que se suministran los



MAESTRIA EN ENERGIA Y AMBIENTE

- servicios de electricidad ya sea en edificios, viviendas aisladas, torres de telecomunicaciones, etc.
- La mayor desventaja actualmente de las celdas de combustible es el costo, a pesar de que se están realizando investigaciones para reducir el costo de producción del hidrógeno, las tecnologías disponibles son costosas comparadas con las del sistema fotovoltaico actual, además de requerir un abastecimiento constante de hidrógeno junto con las medidas de seguridad necesarias para el usuario.
- La necesidad de generación eléctrica con energías limpias para reducir la emisión de los gases de efecto invernadero y el calentamiento global, puede ayudar a impulsar el desarrollo de las celdas de combustible.
- **Recomendaciones:** Las universidades deben promover la investigación de materiales que minimicen el costo de producción de las celdas de combustible.
- Promover una mayor utilización de celdas de combustible en los vehículos de transporte, de esa forma se reducirán las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Los gobiernos deben crear políticas que faciliten el desarrollo de este tipo de tecnología.

Referencias.

Juan Jose Domínguez Sánchez (2002). Celdas de Combustible (II). Anales de Mecánica y Electricidad, 79(3), 22-27. Recuperado de:
https://www.ica.es/contenidos/publicaciones/anales_get.php?id=637

Francisco Acuña Garrido, Ventura Muñoz Yi (2002). Celdas de Combustible: Una alternativa amigable con el medio ambiente para la generación de potencia y su impacto en el desarrollo sostenible de Colombia en el siglo XXI. Ingeniería y desarrollo: revista de la División de Ingeniería de la Universidad del Norte, 10, 94-104. Recuperado de:
<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/2290>

J. Alvarado-flores (2013). Estudio Comparativo de las Diferentes Tecnologías de Celdas de Combustible. Boletín de la sociedad española De Cerámica y Vidrio. 52(3), 105-117. Recuperado de:
<http://docplayer.es/2588003-Boletin-de-la-sociedad-espanola-de-ceramica-y-vidrio-articulo-de-revision-estudio-comparativo-de-las-diferentes-tecnologias-de-celdas-de-combustible.html>

Marco Tulio Calderón & Leonardo de J Mesa-Palacio (2004). Principios de Funcionamiento y Construcción de Una celda de Combustible de ácido fosfórico (PAFC). Scientia et Technical. 2(25), 125-130.
Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4842609>

Laura Milena Corredor Rojas (2012). Pilas de combustible y su desarrollo. Ingeniería y universidad, 16 (1), 247-263. Recuperado de:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3971410>

MAESTRIA EN ENERGIA Y AMBIENTE

