

GENERADOR DE HIDRÓGENO APLICABLE A UN SOPLETE

*Karyme Pomié González,
Juan Manuel Padilla Flores*

INTRODUCCIÓN

A principios del siglo XIX un alto porcentaje de la población tiene a su disposición una gran variedad de opciones para satisfacer sus necesidades energéticas. Los combustibles que en su mayor parte son hidrocarburos, son compuestos químicos que contienen carbono e hidrógeno. Éstos son de gran valor energético, aunque durante su combustión liberan una gran variedad de elementos contaminantes a la atmósfera.

Esta contaminación no solo resulta en esmog, sino que se liberan altas cantidades de dióxido de carbono CO_2 , monóxido de carbono CO , óxidos de nitrógeno NO_x , dióxido de azufre SO_2 y Compuestos Orgánicos Volátiles COV. Siendo el primero el que mantiene los rayos del Sol en la capa inferior de la atmósfera, generando un incremento en las temperaturas globales, ocasionando grandes impactos ambientales. Por consiguiente, La Organización Mundial de la Salud, considera a la contaminación atmosférica como una de las más importantes prioridades mundiales en salud que hay que atender, ya que es la causa del 1.4% de las muertes en todo el mundo. Por tanto, resulta relevante la inversión en ciencia aplicada que permita el desarrollo tecnológico de nuevas fuentes de energía alternativa libre de contaminantes atmosféricos, como son: la eólica, solar o sistemas híbridos que, a base de procesos electroquímicos, se pueden obtener hidrógeno que puede ser utilizado como combustible y cuya combustión está libre de productos nocivos para los ecosistemas.

Además, si hablamos de una fuente de energía que sustituya a los hidrocarburos, podemos hablar entonces del hidrógeno, ya que éste se enlista como una gran potencia energética en combustibles alternos. A continuación, se explican algunos aspectos importantes acerca de este elemento.

CARACTERÍSTICAS DEL HIDRÓGENO

El hidrógeno es uno de los elementos más abundantes del Universo, el cual se encuentra unido a otros elementos formando así diferentes sustancias tales como en el agua (H_2O), el metano (CH_4) el petróleo (C_nH_{2n+2}), entre otros.

No fue hasta la mitad del siglo XX que se impulsó el estudio y las posibles aplicaciones como fuente energética debido a los problemas ambientales debido a la contaminación y la preocupación por el posible agotamiento de los combustibles fósiles.

El hidrógeno (H_2) es un importante vector energético ya que lo encontramos en abundancia y su proceso de combustión genera como producto agua. Además, este elemento presenta notables ventajas en comparación con los combustibles fósiles comunes en lo referente a su contenido energético por cada unidad de masa, como lo podemos observar en la siguiente tabla.

Ahora que conocemos los beneficios de utilizar el hidrógeno como combustible, es necesario conocer los métodos de obtención de este elemento ya que no lo podemos encontrar de manera libre en el ambiente.

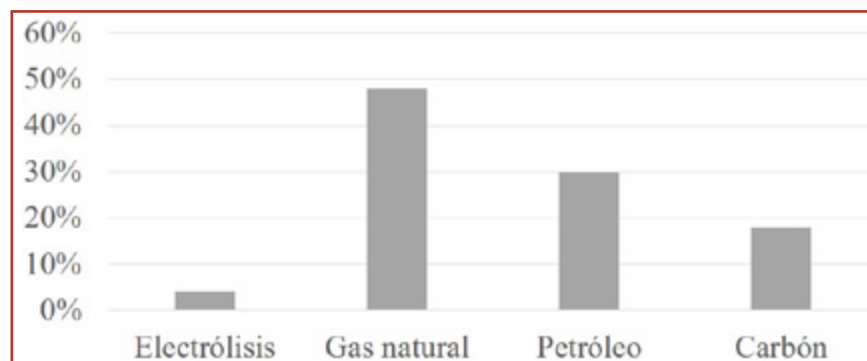
COMBUSTIBLE	VALOR ENERGÉTICO
Hidrógeno (H_2)	33.3 kWh/kg
Gas Natural	13.9 kWh/kg
Hidrocarburos líquidos	12.4 kWh/kg

Tabla 1. Valores energéticos de combustibles.

MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

El hidrógeno no es una fuente primaria de energía que podemos encontrar libremente en el ambiente como lo es el carbón, el petróleo o el gas natural. Por lo que se requiere de algún proceso para obtenerlo.

Actualmente la forma industrial de obtener hidrógeno implica el uso de grandes cantidades de energía, así mismo presentan el problema de liberar importantes cantidades de emisiones de efecto invernadero puesto que la energía que se requiere para obtenerlo, proviene de alguna otra fuente de energía no renovable, lo que hace de la obtención de hidrógeno un proceso poco favorecedor en costes y rendimiento energético.



Gráfica 1. Fuentes de energía a partir de las cuales se produce el hidrógeno.

En el gráfico anterior se puede comprobar que el 96% de la producción actual de hidrógeno se genera a partir de fuentes de energía no renovables. Ahora bien, aunque el 4% que es producido mediante electrólisis, esto no significa que sea renovables puesto que la energía eléctrica empleada proviene en su mayoría de energía nuclear, termoeléctrica, entre otras y dichas fuentes energéticas no son renovables.

Afortunadamente podemos encontrar métodos de obtención de hidrógeno muy variados. A continuación, se muestran las fuentes a partir de las cuales se puede obtener hidrógeno, así como los procesos que pueden conseguirlo.

PROCESOS DE PRODUCCIÓN

La clasificación de los procesos de producción del hidrógeno son en base de su naturaleza, de este modo podemos diferenciar entre los procesos de conversión química, los procesos de termólisis y electrólisis, los procesos por medio de la fermentación o los procesos fotolíticos, en la figura 1 podemos visualizar cada uno de estos. (D. Z Kai. 2010: pág: 207-326).

En este caso se enfocará en la electrólisis del agua puesto que es el sector menos aprovechado y es el adecuado para lograr los objetivos del presente proyecto.

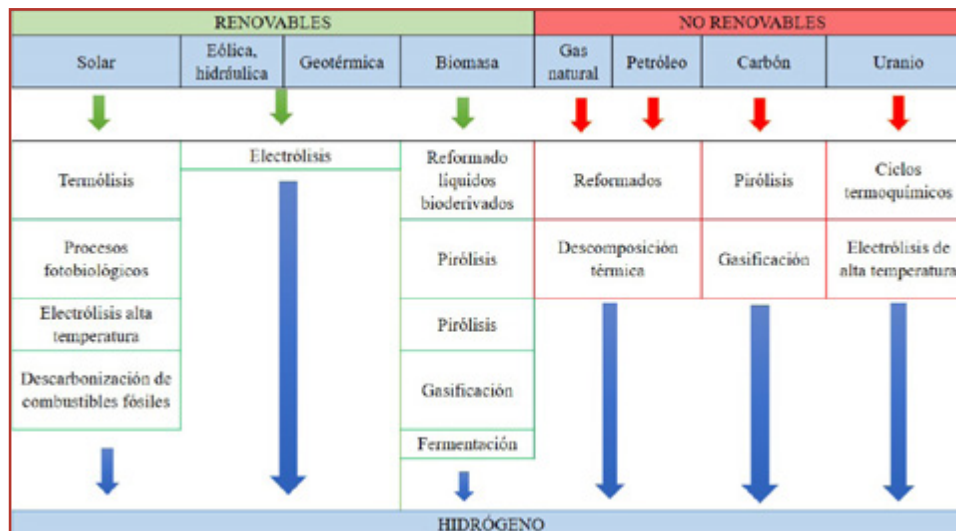
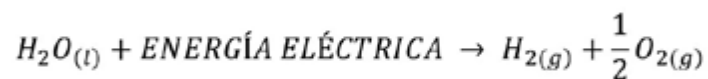


Figura 1. Clasificación de métodos de producción de hidrógeno.

ELECTRÓLISIS DEL AGUA

La electrólisis consiste en romper la molécula del agua en sus elementos hidrógeno y oxígeno al aplicar una corriente eléctrica directa (CD) a través de unos electrodos previamente separados por un electrolito con una buena conductividad iónica, siendo su reacción química total la siguiente:



Reacción 1. Electrólisis del agua.

Una ventaja plasmada por Vante N. en su libro *Electroquímica y electrocatálisis* (2005) que tiene la electrólisis sobre los demás métodos de obtención de hidrógeno, es que se efectúa sin la liberación de gases de efecto invernadero.

ELECTROLIZADOR

El electrolizador es la parte fundamental de la electrólisis. Consiste en un dispositivo donde se lleva a cabo la reacción química para separar el agua en sus elementos constitutivos. Estos dispositivos se clasifican por el tipo de electrolito que utilizan. Los más destacados son los electrolizadores de membrana polimérica (PEM) y los electrolizadores alcalinos.

a) El electrolizador de membrana polimérica (PEM) utilizan un polímero como electrolito además de operar con temperaturas entre 80 y 100°C. Este tipo de electrolizadores son una buena opción para un uso a largo plazo y en la actualidad son empleados en aplicaciones a pequeña y mediana escala pero se estima que lleguen a ser utilizados hasta su 94%.

b) Los electrolizadores alcalinos utilizan electrolitos alcalinos líquidos como lo son el hidróxido de Sodio o hidróxido de Potasio a 25%, estos se operan a temperaturas entre 100° y 150°C. Este tipo de electrolizador son los más utilizados para las grandes producciones de hidrógeno ya que la pureza obtenida alcanza el 99.8% en volumen.

APLICACIONES DEL HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE

En el siglo XXI se ha incrementado el consumo de petróleo por lo que utilizarlo como combustible es cada vez más difícil por su gran demanda y limitaciones, por tanto, es necesario buscar un combustible que posea capacidades similares a las del petróleo. De aquí es donde nace la idea de utilizar el hidrógeno como vector energético, el cual permitirá mantener la capacidad de energía y transporte requerida por la sociedad y a su vez, resolver dificultades económicas, técnicas y sociales. A continuación, se encuentran algunas de los modos de aplicación del hidrógeno:

1. PILA DE COMBUSTIBLE

En la segunda mitad del siglo XX inició la era aeroespacial y con ello la implementación del hidrógeno aplicado a la llamada “pila de combustible” (figura 2) donde el hidrógeno puede quemarse con el oxígeno para generar energía eléctrica a partir de la energía de combustión.

Aunque las pilas de combustible fueron descubiertas en 1839, el desarrollo de las mismas no fue hasta la década de 1960 por la NASA como fuente de producción de electricidad y agua para ser empleadas en algunas pruebas de misiones espaciales. A partir de entonces, algunas de las marcas más importantes de automóviles han desarrollado algunos prototipos de este sistema con diferentes combustibles.

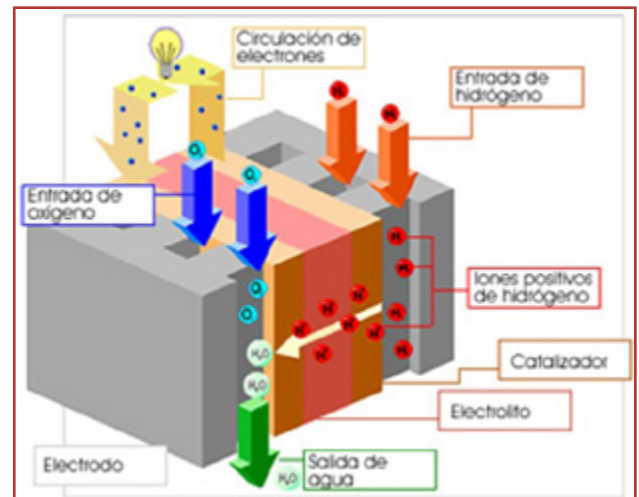


Figura 2. Pila de combustible.

2. INSTALACIÓN DE UN GENERADOR DE HIDRÓGENO EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN

El proyecto reportado por Caiza L. en el 2005 es una aplicación más del uso del hidrógeno como combustible; en este caso aplicado a un motor convencional con finalidad de reducir la contaminación que el mismo suele emitir. La prueba se realizó en un vehículo Chevrolet San Remo 1990 y la modificación se llevó a cabo tanto en el equipo mecánico como en el eléctrico. La instalación del generador de hidrógeno en el vehículo se efectuó tomando en cuenta que el sistema de inyección del motor es gracias al carburador, teniendo esto en cuenta el generador que se utilizó fue de bajo caudal de producción que va de 1 a 2 litros. La decisión de utilizar este generador es porque la aspiración del carburador es llevada a cabo por el efecto Venturi, en el cual se necesita el ingreso mínimo de caudal de hidrógeno

por cada parte del combustible. Ahora bien, en la parte eléctrica es necesario considerar que el generador trabaja con una corriente de 7 a 15 Amperios lo cual no genera mayor problema en el sistema eléctrico del vehículo por lo que solo fue necesario tener contactos en el generador para su monitoreo. Como último punto durante la instalación, se adaptó un sistema de seguridad capaz de hacer que la producción solo opere mientras el auto esté en funcionamiento ya que el hidrógeno es un gas altamente volátil e inflamable.

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR DE HIDROGENO PARA LA COGENERACIÓN CON BIOGÁS A PARTIR DE AGUA HIDROLIZADA EN EL BARRIO 6 DE DICIEMBRE

El diseño del generador de hidrógeno de hidrolisis, propuesto por Aguilar y M. Cuvi, J (2016) se llevó a cabo mediante la construcción del prototipo lo que nos permitió conocer la producción del hidrógeno, el cálculo de los parámetros necesarios se realizó a través de técnicas cuantitativas y experimentales, obteniendo los siguientes parámetros: Volumen teórico de 10,5L con las siguientes dimensiones; un largo de 26,855cm, un ancho de 23cm, con un alto de 17cm y un volumen real de 12,96L con las siguientes dimensiones: alto de 18cm, largo de 30cm, Ancho de 24cm, altura de seguridad de 5cm. El número de celdas del generador es de 9 celdas. Realizadas las mezclas con los siguientes poderes caloríficos; 5% = 8077,85 kcal/m³, 10% = 10820,7 kcal/m³, 15% = 13565,55 kcal/m³ hidrógeno con biogás, teóricamente se determinó que la mezcla del 15% de hidrógeno con 85% de biogás presenta un mejor poder calorífico.

4. ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DUAL PARA OPTIMIZAR LA COMBUSTIÓN DE UN MOTOR OTTO MEDIANTE EL USO DEL GAS DE BROWN (HHO)

El sistema Dual HHO + Gasolina presentado en el estudio de Cujilemas, M. (2011), permite la disminución de emisiones de gases contaminantes en un promedio del 29% para vehículos a carburador y un 24 % para vehículos a inyección electrónica.

La seguridad del sistema Dual debe ser controlada electrónicamente y el gas generador debe ser de baja demanda, es decir que se genera gas HHO solo cuando el motor del vehículo está en función y dependiendo de las revoluciones del motor varía la generación de este gas.

Un área de oportunidad para aplicar este combustible es en los procesos industriales de corte y soldadura ya que se requieren altas temperaturas, además de consumir altas cantidades de corriente eléctrica (como es el caso de la soldadura por resistencia) o se liberan diversos contaminantes a la atmosfera tales como dióxido de carbono o argón (presentes en los procesos de soldadura por arco, corte con arco de plasma y el uso de acetileno). Estas repercusiones no solo traen consecuencias ambientales, sino que también afectan a la salud e integridad de los operadores que realicen dichas actividades ya que, si se está trabajando en lugares estrechos o recintos de reducidas dimensiones, el acceso a aire fresco es limitado, dando oportunidad a que el aire se llene con estos contaminantes causando daños respiratorios, asfixia o enfermedades crónicas. Es aquí donde implementamos los sistemas de corte y soldadura de hidrógeno o gas HHO.

DISEÑO DE UN EQUIPO DE SOLDADURA BASADO EN GAS HHO EXTRAÍDO DEL AGUA

Ahora que hemos recorrido algunas de las aplicaciones que se le han dado al hidrógeno, es tiempo de enfocarnos en la aplicación que este artículo está proponiendo el cual se trata de un diseño para un sistema de corte y soldadura de gas HHO extraído del agua. Su funcionamiento es gracias a la electrolisis alcalina de alta eficiencia. Retomando la literatura mostrada anteriormente se propondrán los elementos necesarios para desarrollar un sistema de generación de hidrógeno capaz de satisfacer las necesidades de los procesos de corte y soldadura que existen en la industria.

El oxihidrógeno es una mezcla del hidrógeno y oxígeno en proporciones de 2:1, a misma proporción que se encuentra presente en la molécula del agua. Este gas al entrar en combustión produce 142.35 kJ (o también 34.116 calorías) en forma de calor por cada gramo de hidrógeno consumido, además que el residuo sobrante durante este proceso es agua.

Por estas características, los soldadores de gas HHO son opción viable para lograr realizar este trabajo con una mayor precisión de la que se obtiene actualmente porque nos permite alcanzar temperaturas más altas y los trabajos en espacios confinados ser más seguros ya que no habrá ningún contaminante en el aire, evitando así cualquier caso de asfixia.

Para entender mejor de qué tratan los soldadores de hidrógeno, a continuación, se muestran los elementos que constituyen a un sistema de hidrógeno.

GAS HHO

Como se mencionó anteriormente el gas HHO (hidroxi u oxihidrógeno) es una mezcla de hidrógeno diatómico (H_2) y oxígeno (O_2) los cuales fueron extraídos del proceso de electrólisis del agua. Dentro de sus propiedades se destaca su energía mínima de ignición, lo cual está alrededor de los 0.02 mJ, y su inflamabilidad en condiciones de temperatura de 298 grados Kelvin y presión de 1atm en aire seco va desde 4% hasta un 94% de HHO. Su método de obtención es mediante el proceso de electrólisis del agua.

En principio el proceso de electrólisis mencionado por el autor Futmann B. H, en 1977 para la obtención del gas HHO consiste en la separación de las moléculas de agua ($2H_2O$) en oxígeno (O_2) e hidrógeno ($2H_2$), al circular una corriente eléctrica en el agua. Para obtener una buena producción de gas HHO es necesario modificar el pH del agua mediante un ácido o base y para lograrlo es necesario utilizar un electrolizador como es el Hidróxido de Sodio (NaOH) o sosa caustica, el cual es un electrolizador de tipo alcalino y a su vez ayuda acelerar la velocidad de la reacción.

Debemos considerar un segundo parámetro, la conductividad del agua, si la conductividad es buena el agua tendrá una menor resistencia y por la ley de ohm $U=I \cdot R$ al disminuir la resistencia el voltaje necesario en la electrólisis será considerablemente menor.

CELDA GENERADORA

Las celdas electrolíticas o bien celda generadora son aquellas en las cuales energía eléctrica que procede de una fuente externa, provoca reacciones químicas no espontáneas, dando lugar al proceso de electrólisis. Las celdas electrolíticas constan de un recipiente para el material de reacción y dos electrodos sumergidos dentro de dicho material y conectados a una fuente de corriente directa. Esta celda está conformada por 5 placas rectangulares de las cuales una funcionará como ánodo, seguida de tres placas neutras y la última será el cátodo. Estas placas fueron fabricadas con acero inoxidable debido a que poseen las propiedades necesarias para soportar la corrosión, producto de la reacción química que se presentan con el electrolito para la liberación de las moléculas de hidrógeno y oxígeno. Cada una de ellas tiene una separación de 3mm gracias a unos separadores de plástico tipo arandela, además, todo esto está sujeto por medio de dos tornillos con medidas de $1 \frac{1}{4}$ de pulgada, los cuales están aislados de tal manera que no tengan ningún tipo de roce con las placas.

Es importante que las placas no tengan ningún contacto entre sí, ya que la corriente eléctrica no realizará el recorrido correcto y, por lo tanto, la batería se sobrecalentará y quemará la instalación completa (figura 3).

Debemos tener presente que la celda y el solvente están aislados en un recipiente herméticamente sellado, ya que el hidrógeno en estado gaseoso tiene bajo peso molecular y baja densidad lo cual hace muy fácil el escape del gas, lo que llevaría a tener pérdidas considerables.

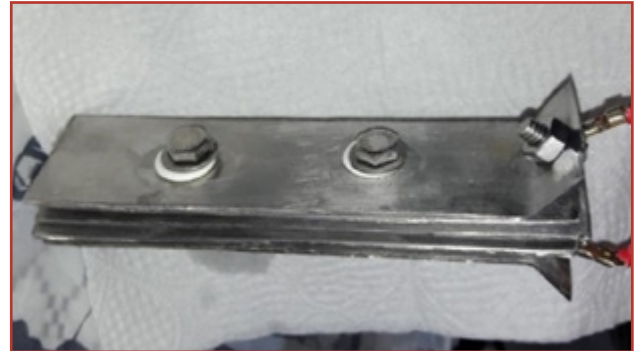


Figura 3. Construcción de Celda generadora.

INSTALACIÓN A LA CORRIENTE

Las celdas generadoras de hidrógeno (figura 4) no pueden ser conectadas a la corriente alterna ya que ésta varía respecto al tiempo, formando ondas senoidales las cuales significan un cambio de polarización en el voltaje y esto ocasionaría que la polarización de la celda cambie constantemente y a su vez, un corto circuito en la red eléctrica local.

Por lo tanto, lo ideal sería conectar la celda a una fuente de corriente directa, como lo son las baterías. Para la conexión eléctrica se utilizó una batería de 12 Volts con un máximo de corriente de 7A que se mantiene aproximadamente constantes en la utilización del dispositivo. El polo positivo se conecta al ánodo, el cual es el encargado de liberar oxígeno y el polo negativo se conecta al cátodo y éste libera hidrógeno.

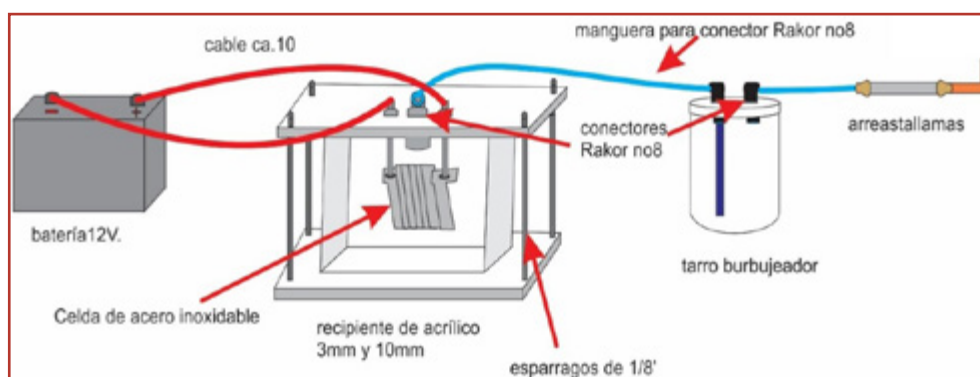
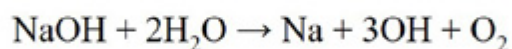


Figura 4. Diseño de la celda generadora de hidrógeno.

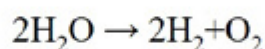
OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO

En la electrolisis es importante considerar el tipo de electrolizador que se utilizará, ya que estos determinan la transferencia iónica de la solución. En este caso utilizaremos como electrolizador alcalino el Hidróxido de Sodio (NaOH) disuelto en agua (H₂O). Para determinar la concentración recurrimos a la estequiometria de la disolución (Petri O. A. 1981). A continuación, se muestran los cálculos para determinar la concentración de NaOH en un litro de agua y así obtener la cantidad de hidrogeno que se genera en un litro de agua.



Reacción 2. Electrolisis con electrolizador.

Debemos tomar en cuenta que en la reacción química se obtienen otros subproductos, en este caso nos enfocaremos en sólo la obtención de Hidrógeno, por lo que la ecuación anteriormente presentada se calcula en dos ecuaciones por separado, la electrólisis del agua y en otra la electrólisis del hidróxido de sodio.



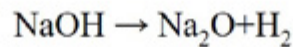
Reacción 2.1 Primer subproducto de electrólisis.

En la ecuación Se obtienen dos moles de hidrógeno y un mol de oxígeno por cada dos moles de agua, por tanto, de un litro de agua se obtienen:



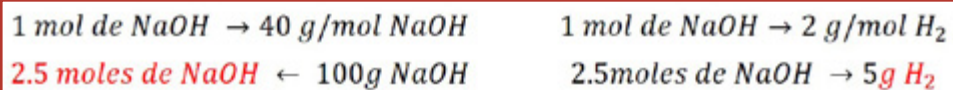
Reacción 2.1.1 Resultados de la estequiometria.

Hasta este momento se han obtenido 111g de hidrógeno en la disociación del agua, ahora se continúa con el Hidróxido de sodio a través de su electrólisis.



Reacción 2.2 Segundo subproducto de electrólisis.

En la ecuación anterior se obtiene un mol de hidrógeno y dos moles de óxido de sodio por cada mol de hidróxido de sodio, por tanto, en 100 gramos de hidróxido de sodio se obtienen:



Reacción 2.2 Segundo subproducto de electrólisis.

Con los resultados obtenidos anteriormente, podemos determinar que, al disociar un litro de agua y 100 gramos de hidróxido de sodio, podemos obtener una producción de 116 gramos de hidrógeno en forma de gas.

PRODUCCIÓN DEL GAS

La producción del gas está directamente relacionada con la corriente que circula por la celda, esto según la ley de electrólisis de Faraday. El volumen producido de HHO se puede calcular utilizando la ecuación de Faraday para la electrólisis y la ecuación de los gases ideales.

$$m = EIt/f \quad PV = nRT$$

Donde “m” es la masa de la sustancia producida en el electrodo (g), E el peso equivalente (gramos/mol), I la intensidad de corriente (A), t el tiempo (s) y f es la constante de Faraday (96500 C/mol), P representa la presión (atm), V el volumen (L), n el número de moles, R la constante universal de los gases (0.082 atm L/mol K) y T la temperatura (K).

Para determinar el volumen de gas HHO que se produce durante la electrólisis se aplicó la

siguiente metodología física que consiste en determinar el contenido de gas en una vulva (globo) a partir de la medición de su volumen. Se conectó el globo a la salida del ducto de gas, determinamos un periodo de 3 minutos para que se llenara de manera que la forma del globo fuera esférica, después encontramos su volumen con ayuda de una cinta métrica y el cálculo matemático para el volumen de una esfera (figura 4).

Se realizaron tres veces la prueba cuyos resultados obtenidos se presentan en la tabla 2 y de los cuales se observó que durante un tiempo de funcionamiento de 3 minutos se pueden generar aproximadamente 368.79 cm^3 de gas HHO. A continuación, se muestra los datos obtenidos.

	Tiempo (min)	Radio (cm)	Volumen (cm^3)	Volumen (L)
Prueba 1	3	3.5	179.59	0.17959
Prueba 2	3	4.75	498.9	0.4989
Prueba 3	3	4.85	477.87	0.47787
Promedio			368.87	0.36879

Tabla 2 Resultados de pruebas de volumen.

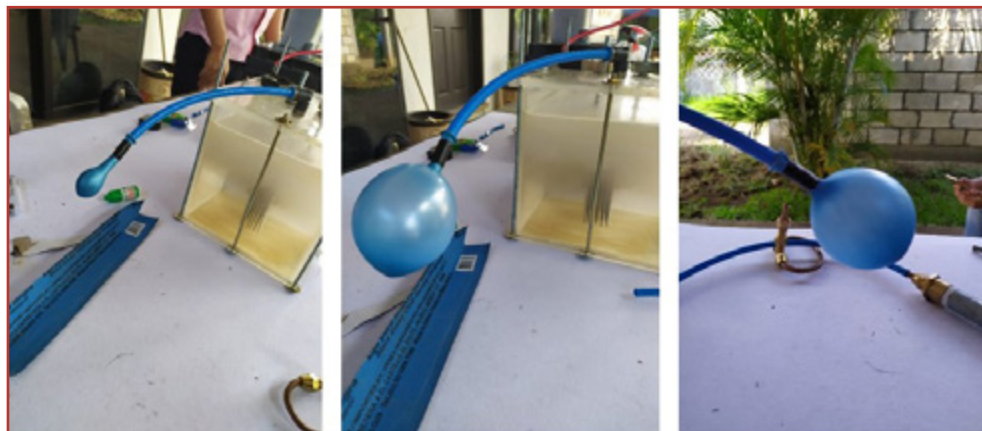


Figura 5. Evidencias fotográficas de las pruebas.

Los 368.79 cm^3 de gas HHO también se pueden expresar en litros lo cual equivale a 0.36879 litros de gas HHO por cada 3 minutos de funcionamiento de la celda.

DIRECCIONAMIENTO DEL GAS

En la figura 5 se ilustra cómo la mezcla de gases hidrógeno y oxígeno son direccionados a través de una manguera de hule llegando hasta un segundo recipiente con agua, la manguera

debe atravesar un lado de la tapa y llegar casi hasta el fondo del recipiente. Al pasar el gas por la manguera y llegar al recipiente este provocara un burbujeo, a este recipiente se le da el nombre de burbujeador y tiene que estar sellado herméticamente.

De este segundo recipiente el gas vuelve a salir dirigido hacia un arreastallamas que consta de un fragmento de tubería relleno de fibra de aluminio, seguido de arena, vidrio molido, nuevamente arena y finalizando con fibra de aluminio. Por último, el gas es dirigido a un quemador donde se llevará a cabo el proceso de combustión.

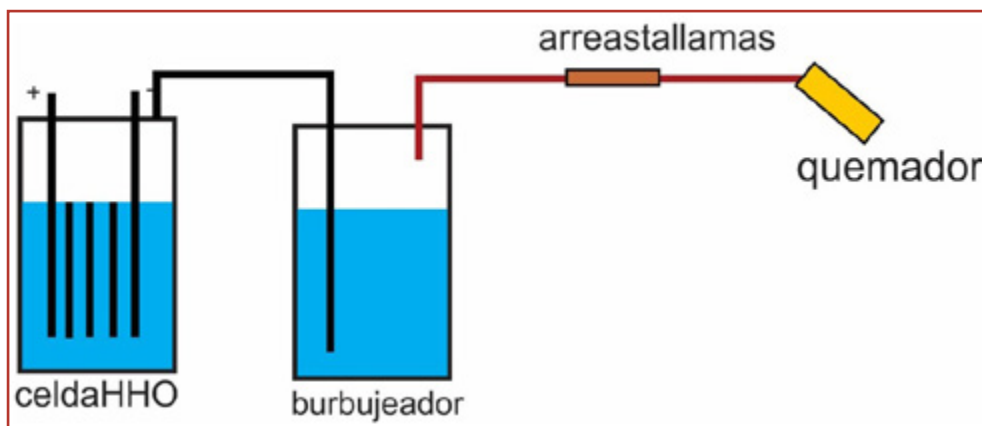


Figura 6. Diagrama del direccionamiento del gas.

SISTEMA DE SEGURIDAD

En base a las normas indicadas por la CONARCO sobre las medidas de prevención de accidentes en corte y soldadura en 1999 y teniendo conocimiento del riesgo que conlleva trabajar con electricidad e hidrogeno, se realizaron diferentes medidas de precaución de accidentes en función del riesgo eléctrico y el riesgo durante la combustión como se presenta a continuación:

a) Medidas de precaución eléctricas:

Este sistema cuenta con un interruptor principal que tiene la función de permitir o interrumpir el flujo de corriente de la batería.

El uso inadecuado del soluto (NaOH) en el disolvente aumentaría el amperaje lo cual

perjudicaría al sistema de modo que contamos con un fusible que soporta cierta cantidad de amperaje y si esta se llegara a exceder, el fusible se quemaría interrumpiendo el flujo de corriente en el circuito. Dando lugar a que se pueda revisar y solucionar el problema.

b) Medidas de precaución en la combustión:

En el momento en que se enciende el quemador hay posibilidades de que la flama retorne por la tubería llegando a provocar una explosión, de tal modo, que es necesario contar con un arreastallamas para contrarrestar la llama y hacer que permanezca en una sola dirección.

En caso de que el arreastallamas llegue a fallar el sistema cuenta con un burbujeador donde la llama se ahogaría en el agua impidiendo que esta se siga propagando.

Por lo anterior, podemos concluir que resulta indispensable que México invierta en investigaciones de ciencia aplicada, dirigida al desarrollo tecnológico de energías alternativas que le aseguren una estabilidad energética sustentable y le permitan incursionar en el mercado tecnológico energético mundial. Siendo relevante la inversión en el desarrollo tecnológico para la obtención de hidrogeno el cual es el sustituyente idóneo de los hidrocarburos para algunos procesos de combustión utilizados por la industria.

El presente trabajo de investigación del desarrollo de un soplete alimentado con hidrógeno es una propuesta innovadora de ciencia aplicada para el desarrollo tecnológico que puede ser utilizado para generar sistemas de combustión que pueden ser utilizados o aplicados en la industria ya que podemos emplear el hidrógeno como fuente de energía, pero existen un sinnúmero de métodos para emplearlo, lo que permite la creación de nuevas líneas de estudio para el desarrollo de nuevas propuestas de ciencia y tecnología que a su vez permitan una mayor conciencia de la importancia de cuidar el ambiente y hacer un hábito de innovación y educación ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M. Cuvi, J. (2016, diciembre 6). Diseño y construcción de un generador de hidrogeno para la cogeneración con biogás a partir de agua hidrolizada en el barrio 6 de diciembre – Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- B. H, Futmann E. *Electrochemistry: the past thirty and the next thirty years*. 1st Ed. New York, 1977.
- CONARCO. (1999). *Medidas de prevención en soldaduraycorte.1*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 10 de marzo de 2020, de https://higieneysseguridadlaboralcvs.files.wordpress.com/2012/08/riesgos_11.pdf
- Cujilemas, M. Ramirez, C. (2011, diciembre 8). Estudio e implementación de sistema dual para optimizar la combustión de un motor otto mediante el uso del gas de brown (HHO). Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador.
- D. Z. Kai Zeng 1, “Recent progress in alkaline water electrolysis for hydrogen production and applications,” *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 36, pp. 307-326.
- Luis Armando Caiza. (2015). Instalación de un generador de hidrógeno en un motor de combustión interna para reducir la contaminación. 5 de junio 2015, de Universidad UTE Sitio web: http://192.188.51.77/bitstream/123456789/14045/1/63653_1.pdf
- Petri, O. A., & Damaskín, B. B. (1981). *Fundamentos de la electroquímica teórica*. Editorial MIR Moscú.
- Vante, N. A. (2005). *Electroquímica y electrocatálisis. Técnicas de investigación aplicada a sistemas electroquímicos in situ y ex situ*, El Cid Editor, 175-193.