

Evaluación de la eficiencia del hidrógeno en motores mediante el proceso de hidrólisis¹

Adriana Marcela Martínez Pérez
John Alejandro Rosales Torres
Estudiantes de Ingeniería Ambiental
Universidad Mariana

Juan Carlos Narváez Burgos
Asesor
Universidad Mariana

Resumen

Se diseñó un alimentador que tiene la función de generar hidrógeno mediante el proceso de hidrólisis, el cual se conectará a un motor de cuatro tiempos, con el objetivo de evaluar la efectividad del hidrógeno como combustible, para generar algunas alternativas que permitan disminuir la contaminación generada por los combustibles de uso frecuente, como los denominados combustibles fósiles. De este proceso se busca comprobar si el motor requiere alguna modificación, y conocer su efectividad.

Las actividades de prueba fueron realizadas en los laboratorios de Física, Electrónica y Química ubicados en la Sede Alvernia de la Universidad Mariana. Fueron cinco pruebas diferentes que llevaron a encontrar la forma adecuada, tanto para la obtención del combustible, como para realizar las conexiones apropiadas al motor, que permitieron hacer un trabajo seguro y de mayor efectividad en cuanto al manejo y aprovechamiento de este combustible.

De esta manera se concluye que este estudio ha generado gran agrado ya que la producción de hidrógeno fue satisfactoria, y el motor en el que se realizó las pruebas no necesitó modificación alguna a la hora de poner en funcionamiento la conexión al alimentador y efectuar el apropiado funcionamiento. Además, esto abre la puerta a nuevos estudios que permitan perfeccionar los procesos, para que estos productos lleguen al alcance de más personas interesadas en el cuidado del medio ambiente.

Palabras clave: Compresión, hidrólisis, electrólisis, motor, alimentador, combustión, eficiencia, válvula de admisión.

Introducción

La Ingeniería Ambiental tiene un gran reto en cuanto al cuidado del medio ambiente, pues éste requiere disminuir en gran medida la contaminación que se ha generado por el uso de combustibles. La combustión proveniente de hidrocarburos le ha permitido al mundo moverse y transportarse de una manera más rápida (Pineda, Muñoz y Gil, 2018), por lo que pasan desapercibidos los efectos resultantes de esta actividad de

consumo, motivo por el cual se ha buscado algunas alternativas que den solución y ayuden a minimizar y solucionar los problemas generados provenientes de estas emisiones, buscando nuevas fuentes de energía que permitan obtener este tipo de combustibles derivados de recursos renovables. En la actualidad hay diferentes tecnologías que se basan en el mismo principio: el reemplazo de combustibles fósiles por nuevos combustibles basados en el principio de cuidar el planeta, tema central de esta investigación, consistente en la obtención de hidrógeno por medio del proceso de hidrólisis. Esta tecnología se basa en la separación de la molécula de agua y probar su eficiencia en motores, con el fin de disminuir significativamente el consumo de combustibles, para reducir la contaminación del medioambiente.

El presente estudio se justifica ya que, en Colombia, como en el mundo en general, se utiliza excesivamente el combustible, por la cantidad de automóviles que lo utilizan. Se prevé que para el año 2030 se terminará la explotación de petróleo, por lo cual se deberá tratar este tipo de estudios con una eficacia y mayor eficiencia en motores. La cantidad de emisiones que salen del motor de los automotores es exagerada y afecta la atmósfera en cualquier relación. Por ello se propuso llevar a cabo el proceso de hidrólisis en el agua, dado que ésta, al estar compuesta tanto de hidrógeno como de oxígeno, permitirá obtener un gas altamente potente que ayude al remplazo del combustible gasolina.

La combustión de hidrógeno es una de las energías limpias más prometedoras del futuro, ya que genera un alto potencial (Baeza, 2007). Es de alta eficiencia, no produce contaminación después de su combustión, puesto que el resultado de este proceso es vapor de agua, lo que garantiza un proceso limpio a la hora de pensar en combustibles renovables.

Dado que la ignición del hidrógeno se da con baja energía y se quema mucho mejor en la combustión, se podría decir que los motores que funcionan con hidróge-

¹ Artículo resultado de la investigación "Evaluar la eficiencia del hidrógeno en motores mediante el proceso de hidrólisis", desarrollada desde el 15 de septiembre hasta el 13 de noviembre de 2018 en la Sede Alvernia de la Universidad Mariana de Pasto, Nariño, Colombia.

no son los más indicados para funcionamiento a condiciones más conservativas, lo que a su vez ayuda al ahorro económico y la emisión de gases contaminantes (Frutos, 2018).

Pregunta de investigación

¿Cuál es la eficiencia que se genera en motores de motocicleta utilizando hidrógeno obtenido mediante el proceso de hidrólisis?

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la efectividad del hidrógeno como combustible para motor 4t en motos de cilindrada pequeño.

Objetivos específicos

- Obtener hidrógeno mediante el proceso de hidrólisis
- Comprobar la combustión en el motor
- Evaluar la eficiencia del hidrógeno como combustible en el motor expuesto, para así generar un encendido del motor.

Hipótesis

Se mantiene la motocicleta encendida utilizando hidrógeno como combustible.

Descripción del problema

El aire es un componente natural esencial para el desarrollo de la vida en la tierra; sin él, nuestro planeta estaría muerto y no podrían existir las plantas, los animales ni los seres humanos.

El aire es una mezcla gaseosa que forma la atmósfera de la tierra, pero que se ve afectado por una serie de actividades tanto antropogénicas como naturales, las cuales día a día disminuyen su calidad. Se encuentra compuesto, principalmente, por 78 % de nitrógeno, 21 % de oxígeno y el 1 % restante de gases como el dióxido de carbono, argón, neón, helio, hidrógeno, otros gases y vapor de agua. Cuando esta composición varía por

el aumento de otros gases, puede llegar a afectar nuestra salud, causar el derretimiento de los casquetes polares de suelo congelado en regiones frías (*permafrost*) y glaciares de montaña, cambios en los ecosistemas y reducción de la disponibilidad de agua potable, produciendo una tendencia a la desertificación de regiones tropicales forestales, inundaciones y sequías más graves y más frecuentes, y una tendencia a aumentar la frecuencia e intensidad de las tormentas y otros fenómenos meteorológicos extremos como las olas de calor y frío.

Es importante evitar la contaminación del aire, porque altera los elementos que lo componen. Uno de los gases culpables en el invernadero es el dióxido de carbono (CO_2) producido por las emisiones de los motores que funcionan alimentados por combustibles no renovables como el petróleo (Martín y Sala, 2004).

En la actualidad se puede presenciar el aumento en la demanda de combustibles provenientes del petróleo, debido al aumento incontrolable del parque automotor en la ciudad de Pasto. El reto está en usar combustibles alternativos pero con las mismas o mejores prestaciones de los autos modernos, con reducción de contaminantes; es decir, fuentes alternativas de energía que permitan mejorar o, a su vez, que cuenten con los mismos estándares de rendimiento que tiene cualquier otro combustible. Además, es importante considerar que en estos días es imperante el desarrollo de estudios que permitan usar nuevas fuentes de energía que reemplacen al petróleo y sus respectivos derivados. Esto se lo puede realizar con la difusión de nuevas tecnologías automotrices, como: vehículos eléctricos con baterías, vehículos con celdas de hidrógeno o vehículos con motores de combustión a hidrógeno (Barreto y Jiménez, 2013), como una opción que permita obtener diferentes alternativas para mejorar las condiciones de vida y disminuir las emisiones de contaminación que se viene generando por medio de la innovación.

Marco Teórico

La contaminación del aire es un problema ambiental que se ha ocasionado a través del tiempo por causa de las actividades industriales que realiza el hombre; todos los problemas que generan contaminación a la atmósfera dejan secuelas no solo al medio, sino también a los seres vivos que lo habitan. El aire contaminado afecta la calidad de vida de todos los seres humanos y, con ello, el equilibrio climático del planeta, creando distintos eventos meteorológicos negativos que generan daños terrestres. Se puede decir que la contaminación del aire se da por una mezcla de partículas sólidas y gases. Las emisiones de los automóviles, los compuestos químicos de las fábricas, el polvo, el polen y las esporas de moho pueden estar suspendidos como partículas (Vazquez, 2019). Una de las fuentes más grandes que contamina del aire se da por la combustión de combustibles fósiles que hacen que la energía química que contienen, se convierta en energía calórica, la cual se transforma en energía mecánica o eléctrica y que es aprovechada mediante máquinas como motores o turbinas que están ubicados en vehículos grandes, medianos y pequeños. Por otro lado, este proceso trae consigo emisiones que contaminan la capa atmosférica que también traen consecuencias como lluvias ácidas, gases de efecto invernadero, problemas respiratorios, lesiones en la piel, efecto *smog*, entre otros.

Los combustibles fósiles son fuentes de energía que provienen y están compuestas por los restos fósiles descompuestos de vegetales y animales. El proceso de formación de los combustibles fósiles dura mucho tiempo; es un proceso realmente lento, pues no solo se trata de la propia descomposición, sino también de la fosilización y de diversos cambios geoquímicos (Juste, 2018), por lo cual la era de los combustibles fósiles se acerca a su fin, y se necesita encontrar de manera urgente otro tipo de combustibles que los reemplacen, ya que los equipos que dependen de este recurso, dejarán de funcionar.

Marco lógico

Objetivo específico	Meta	Actividades	Resultado esperado	Indicador de éxito	Responsables	Cronograma	Presupuesto
Obtener hidrógeno mediante el proceso de hidrólisis	Encontrar el método adecuado para lograr una buena producción de hidrógeno	Conocer el funcionamiento del motor para lograr la adaptación	Que el alimentador genere la producción de hidrógeno necesaria	Reemplazo del 100 % del combustible	John Rosales y Adriana Martínez	Mes de septiembre	1 300 000
Comprobar la combustión en el motor	Hacer la adaptación del alimentador al motor	Encontrar el método apropiado para lograr la adaptación del alimentador al motor para la conexión de hidrógeno	Que el motor se mantenga encendido con el combustible	Tiempo de encendido mayor a 5 minutos	John Rosales y Adriana Martínez	Mes de octubre	50 000
Evaluar la eficiencia del hidrógeno como combustible en el motor expuesto, para generar un encendido del motor	Mantener el encendido de un motor con combustible hidrógeno en un determinado tiempo	Obtener la cantidad de hidrógeno necesaria para lograr un encendido de motor duradero	Que el encendido del motor tenga una buena duración	Tiempo de encendido mayor a 5 minutos	John Rosales y Adriana Martínez	Primera semana de noviembre	30 000

Metodología

Los motores de combustión interna son máquinas que obtienen energía mecánica a través del proceso químico de combustión, resultado de la quema de un combustible dentro de la cámara de combustión. Se le llama comúnmente 'motor de cuatro tiempos', pero en este proceso se interviene haciendo algunas modificaciones en cuanto al combustible, llevando a cabo un remplazo total del combustible utilizado, el cual precisa de cuatro carreras de pistón (dos vueltas completas de cigüeñal) para completar el ciclo termodinámico de su combustión (Quezada y Torres, 2014).

Estos cuatro tiempos son debidos a la admisión, compresión, combustión y escape; en la admisión desciende el pistón absorbiendo la mezcla de aire y combustible. La válvula de escape permanece cerrada, mientras que la de admisión permanece abierta.

En la etapa de compresión, la válvula de admisión se cierra en el momento en que termina el recorrido en la parte inferior, comprimiendo el gas contenido en la cámara al ascender el pistón, en este caso, el combustible que será utilizado

en reemplazo de la gasolina. En la etapa de combustión, cuando llega al final de la carrera en la parte superior, la presión del gas es máxima, dando paso a la inflamación de la mezcla provocada por la chispa en la bujía. Una vez ha iniciado la combustión, se obtiene un incremento de temperaturas y la presión dentro del cilindro, finalizando con la única etapa en la que se obtiene trabajo. En la última fase los gases son empujados por el pistón a través de la válvula de escape, reiniciando el ciclo (González, Díaz y González-Estrada, 2018). Todos los gases producidos por la quema de hidrógeno se convierten en vapor de agua.

Diagrama

En la primera sección del experimento se procede a tomar el voltámetro de Hoffman, el cual permite generar la separación de hidrógeno de la molécula de agua, mediante el proceso de electrólisis; para ello se llena primero el voltámetro con una solución acidulada (agua con ácido sulfúrico); el ácido funciona con conductor que permite más efectividad en la separación de la molécula de hidrógeno; también a éste se conecta una batería de 7 a 15 voltios, la cual se encarga de generar la corriente y transmitirla medi-

ante dos electrodos; al voltámetro se le hace una adaptación de un manómetro que registra la presión generada por el gas; además, se hace una conexión desde el voltámetro de Hoffman hasta una bomba de inflar globos, la cual asimila el comportamiento de un pistón.

En este primer experimento se pudo comprobar diferentes situaciones, las cuales hicieron posible conocer el comportamiento de este gas. Entre ellas:

1. Cuando el proceso de electrolisis comenzó, se pudo evidenciar la velocidad con la que el gas se produce; en el voltámetro de Hoffman viene señalado con las medidas de volumen; en éste se observó que por cada minuto de tiempo se produce 2 ml de hidrógeno y la cantidad de hidrógeno que se separa de la molécula H_2O es el doble, como lo indica la fórmula; por cada molécula de oxígeno se genera 2 de agua.
2. También se observó lo liviano que puede llegar a ser el gas, ya que, aunque fue grande la producción de hidrógeno en esta prueba, la

cantidad obtenida no se pudo registrar en el manómetro, ya que la presión de este gas es casi nula.

- De igual manera, llevó a idear la forma de almacenar el gas para las diferentes pruebas, puesto que como se expresó, éste es muy liviano; incluso, mucho más que el aire, por lo cual su almacenamiento es algo difícil de hacer.
- La bomba de inflar globos que se había colocado para simular el pistón no fue exitosa ya que no se logró que el gas empujara el pistón.

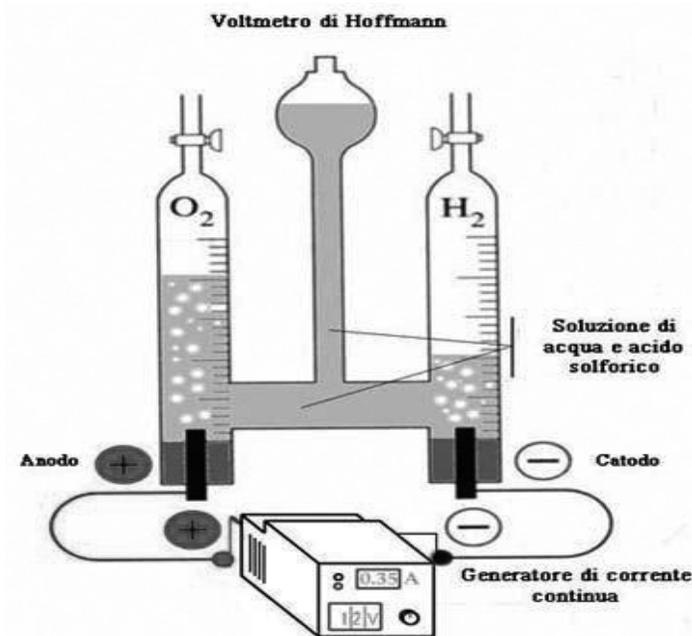


Figura 1. Voltámetro de Hoffmann.

Fuente: Laboratorio scolastico (2016).

Cuando se llevó el hidrógeno como combustible para el motor de la motocicleta, no fue necesario realizar ninguna modificación al motor; solo la implementación de un nuevo alimentador de combustible.

Construcción

Para la construcción del alimentador se usó diferentes materiales, como: tubos de PVC de 5 pulgadas, que garantizaron el tamaño ideal para efectuar el montaje de hidrólisis que se dispuso para uso en la moto, el cual funcionó como alimentador.

Partiendo del tubo de PVC, se tomó un tubo que permitió aumentar el tamaño del alimentador a éste, al que se le realizó dos conexiones que fueron selladas con tapa de tubos de PVC, por lo cual se hizo una abertura que posibilitó tanto la entrada como la salida del cableado, que posteriormente se selló de manera segura, lo cual evitó fugas de hidrógeno. El sellado es de gran importancia, dado que garantiza que el gas se mantenga dentro del alimentador hasta poder ser extraído.

Dentro del alimentador se instaló seis placas de acero inoxidable, con medidas de 12 cm de largo x 4 de ancho, las cuales permitieron condiciones ideales para el proceso. Fueron unidas con tornillos que posibilitaron la distribución uniforme de la corriente, y conectadas directamente a la batería. Antes de iniciar el proceso se debió asegurar que no existiera el contacto entre las placas y que además, se encontraran totalmente sumergidas, para evitar accidentes.

El cableado que salía del alimentador era conectado a una batería que generaba potencia en los electrodos encargados de la separación de la molécula de agua (H_2O). También, del alimentador salía una conexión de manguera que sería la encargada de conducir el combustible hasta el sistema del motor.

La primera prueba se hizo desde la manguera que salía de la tapa del alimentador; se colocó un globo que permitió hacer la captura del hidrógeno, pero no funcionó ya que el hidrógeno solo llenó el globo, pero no fue capaz de inflarlo; entonces, la captura fue mínima. Para comprobar si el proceso había sido exitoso, se realizó una quemada del globo en la cámara de gases de forma controlada, lo cual permitió verificar que la producción de hidrógeno era satisfactoria.

Después de comprobar que la función del alimentador era correcta, se procedió a perfeccionar el sistema, buscando alternativas de almacenamiento del gas, lo cual permitiría proceder a hacer la prueba en la moto.

Para este proceso de almacenamiento se construyó una bomba, con el fin de conseguir un almacenamiento de extracción e inyección. Para ello se utilizó los siguientes materiales: Tubo PVC de 2", Tapón PVC sin rosca de 2", Tapa PVC sin rosca de 2", Pegante de soldadura PVC, Émbolo de aluminio y caucho.

El gas entra al sistema cuando se da encendido al motor; el primer pistón se abre para dar oxígeno al sistema; así mismo, el segundo pistón comprime el gas hasta hacerlo tan volátil, que cuando la bujía genera la chispa, inmediatamente se dispara el pistón que deja salir los gases de la combustión; en este caso, vapor de agua, lo que le da el encendido al motor, generando repeticiones hasta de 60 minutos, permitiendo que el motor funcione correctamente y se pueda dar el rodamiento a la moto.



Ficha Técnica	
Motor	1 cilindro, 4T, SOHC, 2 válvulas, refrigerado por aire forzado
Cilindrada	113,7 c.c.
Rel. compresión	8,8 : 1
Torque Max.	0,78 kg-m a 7.000 rpm
Potencia Max.	8,9 hp a 8.000 rpm
Alimentación	Carburador
Transmisión	Variador automático
Arranque	Eléctrico y de palata
Susp. Del.	Barras hidráulicas
Susp. Tra.	Brazo oscilante
Freno Del.	Disco con pinza de 2 pistones
Freno Tra.	Tambor
Peso vacío	99 kg. (en seco)
Capacidad tanque	1,27 galones
Precio introducción	\$4.999.900

Figura 2. Ficha técnica de la moto

Resultados

Se logró el funcionamiento del alimentador que permitió la adecuada obtención de hidrógeno; así mismo, la captura de hidrógeno en una bomba de inyección manual, de manera que no se evidenciara fugas.

Realizado el alimentador, se procedió a efectuar el proceso de hidrólisis, utilizando una fuente de alimentación de 12 voltios a 4 amperios con electrodos de acero inoxidable, para evitar así la corrosión.



Figura 3. Alimentador de hidrógeno.

Con el fin de hacer la inyección de hidrógeno al motor, se propuso un método sencillo de adaptación al almacenamiento de gasolina, como la entrada de aire al carburador donde se realiza la mezcla. Cabe resaltar que la inyección debe hacerse con cierto grado de presión, que se logró con la ayuda de una bom-

ba manual; sin embargo, se debe tener en cuenta que la rata de presión frente al volumen desalojado no es objeto de esta investigación. Para la comprobación se realizó observación en el comportamiento del motor frente a la inyección, teniendo en cuenta algunas características como la permanencia de encendido, el cambio de sonido de aceleración y la salida de gases por el escape.

En el encendido de este proceso se evidenció la funcionalidad del hidrógeno como combustible, el cual tuvo un éxito en el encendido de motor con relación al funcionamiento y la efectividad que logró que el motor se mantuviera encendido durante unos minutos, además de los resultados después de realizar otras pruebas a partir de modificaciones que se le hizo a la forma de inyección de hidrógeno al motor, intentando así que no fuera necesaria la inyección a presión al motor, sino de forma que el gas fuera succionado por el carburador. Se comprobó, entonces, que tenía mejor funcionalidad, ya que el mismo volumen de gas hidrógeno tuvo mayor duración con respecto a pruebas anteriores, y además le dio mayor fuerza y potencia al motor, lo que se pudo notar en el sonido de su aceleración.

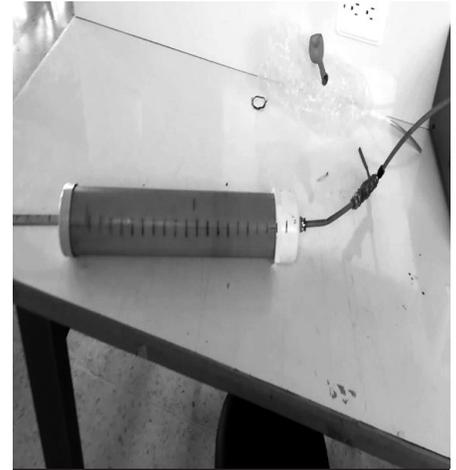


Figura 4. Bomba de inyección.

Finalmente, se logra observar que el motor permanece encendido por 50s con una inyección 60 cm³ a una presión constante al tacto.

Conclusiones

Después de realizar el proceso experimental de hidrólisis se obtuvo hidrógeno para ser utilizado como combustible para el funcionamiento de un motor de motocicleta.

Con la cantidad obtenida de hidrógeno (600 cm³ durante 33 minutos), se puede lograr un encendido de 3 minutos con 34 segundos.

La investigación de innovación a motores de 4 tiempos con el fin de reemplazar el hidrocarburo que es un contaminante a la atmósfera, permitió evidenciar que se puede reemplazar con un combustible económico que no produce efectos negativos al medio.

El diseño de un motor de moto 115 no necesita adaptaciones mayores o modificación del motor para la aceptación de otro combustible.

Se puede generar la conexión del alimentador directamente al motor, evidenciando riesgos contingentes de carácter técnico.

El funcionamiento del sistema de encendido permite hacer diferentes pruebas al tiempo, ya que la entrada de gas o combustible al motor se hace a manera de in-

yección manual y por la entrada de aire, directamente al carburador.

Recomendaciones

Tomar medidas adecuadas de protección para la consecución de hidrógeno.

Realizar con mucha precaución la inyección de hidrógeno, ya que al manipular motores no se debe formar fugas en el sistema.

Evitar roces entre el cableado al hacer adaptaciones al alimentador, con el fin de no producir cortos.

Procurar no tener fugas que hacen que el hidrógeno se volatilice, para el diseño del alimentador.

Referencias

Baeza, R. (2007). Horizonte a largo plazo en la generación eléctrica. *Revista de Economía Industrial, Ministerio de Ciencia y Tecnología Español*, 364, 87-102.

Barreto, W. y Jiménez, J. (2013). Análisis del tren alternativo del motor que funciona a hidrógeno, versus el motor a gasolina. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7014>

Frutos, S. (2018). *Estudio de la combustión en un motor de carga homogénea con encendido por compresión* (Trabajo de Grado). Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/107975>

González, J., Díaz, A. y González-Estrada, O. (2018). Análisis de un generador de HHO de celda seca para su aplicación en motores de combustión interna. *Revista UIS Ingenierías*, 17(1), 143-154. DOI: <https://>

doi.org/10.18273/revuin.v17n1-2018013

Juste, I. (2018). Qué son los combustibles fósiles y cómo se formaron. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-combustibles-fosiles-y-como-se-formaron-1349.html>

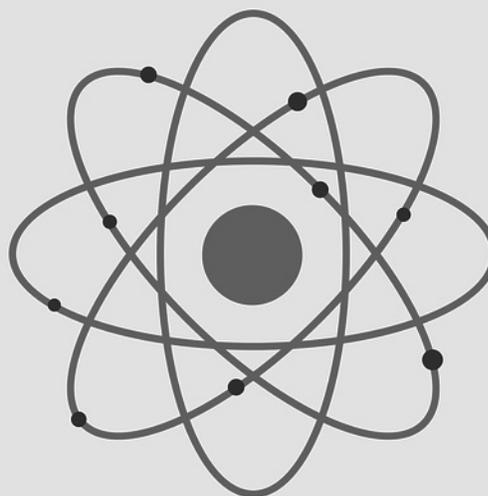
Laboratorio scolastico. (2016). Voltmeter of Hoffman. Recuperado de http://laboratorioscolastico.altervista.org/en_GB/voltmetro-di-hoffmann/

Martín, F. y Sala, V. (2004). *Estudio comparativo entre los combustibles tradicionales y las nuevas tecnologías energéticas para la propulsión de vehículos destinados al transporte* (Trabajo de Grado). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3686>

Pineda, B., Muñoz, C. y Gil, H. (2018). Aspectos relevantes de la movilidad y su relación con el medio ambiente en el Valle de Aburrá: una revisión. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, 36(2), 489. DOI: <http://dx.doi.org/10.14482/inde.36.2.11133>

Quezada, E. y Torres, D. (2014). *Implementación de un generador de hidrógeno de celda seca en un vehículo Chevrolet Steem 1.6 L* (Trabajo de Grado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7354/1/UPS-CT004305.pdf>

Vazquez, E. (2019). Contaminación del aire. Recuperado de <https://ecosiglos.com/contaminacion-del-aire/>



Fuente: Pixabay