

# An approach to the design of an EV charging station, with a supply of renewable energy and green hydrogen, monitored

Juan Tisza, MSc<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, jtisza@uni.edu.pe.

*Abstract-This work is oriented to the design and implementation of an electric station for the recharge of electric vehicles, the station is powered by renewable energies and has the energy support by fuel cell that uses green hydrogen as energy vector. The micro-grid that is formed has as primary sources, photovoltaic energy and eventually wind energy. For the analysis and development of the research, the simplified model for the fuel cell stack proposed by S. Njaya, M.Tremblay and L.Dessaint is used, the type of fuel cell used is PEM. Additionally, a monitoring system of the process variables using IoT technology is incorporated into the design of the fuel cell stack. The results are presented through MATLAB-SIMULINK and PSIM simulations.*

**Keywords--PEM fuel cells, Green Hydrogen (H<sub>2</sub>V), Electrolinera, Internet of Things (IoT), MQTT protocol.**

# Una aproximación al diseño de una estación para recarga de VE, con suministro de energías renovables e hidrógeno verde, monitoreada

Juan Tisza, MSc<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, jtisza@uni.edu.pe.

*Resumen— Este trabajo tiene por objetivo el diseño e implementación de una estación electrolinerera para la recarga de vehículos eléctricos, la estación es alimentada por energías renovables y tiene un soporte energético mediante celda combustible que utiliza el hidrógeno verde como vector energético. La micro-red que se forma tiene como fuentes primarias, la energía fotovoltaica y eventualmente la energía eólica. Para el análisis y desarrollo de la investigación se utiliza el modelo simplificado para la pila de celdas combustibles propuesto por S. Njoya, M.Tremblay y L.Dessaint, el tipo de celda combustible utilizada es PEM. Adicionalmente se incorpora al diseño de la electrolinerera un sistema de monitoreo de las variables del proceso de recarga el cual utiliza tecnología IoT. Los resultados son presentados a través de simulaciones con MATLAB-SIMULINK y con PSIM.*

*Palabras claves--Celdas combustibles PEM, Hidrogeno verde (H2V), Electrolinerera, Internet de las cosas (IoT), protocolo MQTT*

## I. INTRODUCCIÓN

La importancia de reducir la huella de carbono en la generación y las aplicaciones energéticas constituyen una condición de primera importancia en el mundo actual. En este sentido todos los países del mundo se han comprometido a tener significativos resultados para el año 2030, por otro lado en los objetivos para el desarrollo sostenible (ODS) establecidos por la ONU, se observa que los objetivos 7,11,13 y 15, involucran importantes compromisos en relación a la reducción de la huella de carbono y a mitigar el calentamiento global del planeta, a fin de preservar la vida en la tierra. Las emisiones contaminantes, mas significativas (CO<sub>2</sub>, CO) están focalizadas en ciertos sectores, como se indica en la referencia [1] donde se indican los sectores mas significativos en la emision de carbono: Transporte (28%), industria (26%), generación de electricidad (23%), edificios (13%) y agricultura (12%), recordando que los combustibles fósiles, que son la principal fuente (80%) de Gases de efecto invernadero (GEI). Esta consideración es la motivación para la presente investigación que busca reducir la emisión de CO<sub>2</sub>, a través del uso de las RER y el H2V como vector energético limpio y de alta densidad energética [2]. Por otro lado la masificación del internet está propiciando que más objetos tengan conexión a la red informática lo que

origina que el internet de las cosas (IoT) se desarrolle en múltiples ámbitos, facilitando el monitoreo y control de las variables de diversos procesos. En el caso del trabajo específico que trata la presente investigación, facilita el monitoreo y el eventual control remoto de las variables energéticas, a través de sensores y con el uso de interfaz web o aplicativos instalados en dispositivos electrónicos correspondientes [11].

La electromovilidad utilizando energía limpia es una alternativa importante para la mitigación o eliminación de los gases contaminantes.

El hidrógeno es un elemento abundante en el planeta y tiene una densidad energética de más de 3 veces superior que la de la gasolina y por lo tanto es claro que tiene un rol protagónico, tanto en el campo energético como en otros sectores colaterales de la producción y el desarrollo económico para los próximos 10 años, aún existen aspectos técnicos -económicos que están constantemente avanzando en busca de su consolidación definitiva.

El transporte en particular es un foco de desarrollo de la aplicación de las RER y el H2V, En este contexto el trabajo se orienta fundamentalmente a la electromovilidad y/o la generación eléctrica sin contaminación. Considerando que no hay desarrollo posible sin energía y la forma más versátil del transporte y distribución de la energía es a través de la energía eléctrica. En los antecedentes de referencia a este trabajo Leticia Álvarez aborda la descarbonización y la presencia del hidrógeno verde en las consideraciones de su tesis[4], Casa Cárdenas y Rodríguez Alegría desarrollan un prototipo que alimente a un vehículo eléctrico pequeño mediante la energía fotovoltaica [5].

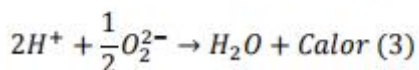
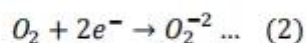
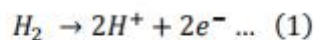
En el capítulo 2 de este artículo se sintetizan los fundamentos teóricos que son la base para el desarrollo del diseño e implementación. En el capítulo 3 se trata con un cierto detalle el diagrama de bloques de la propuesta y una exposición de la funcionalidad de cada bloque y los esquemas circuitales que se implementan, incorporando un cierto nivel de detalle de los componentes que lo conforman para la mejor comprensión de los resultados y de las conclusiones del trabajo. En todo lo anterior se tiene en cuenta los elementos primarios de generación de energía eléctrica, los convertidores electrónicos de potencia y los componentes del sistema de supervisión remota de las variables más significativas de la estación de recarga que se estudia en este trabajo.

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

El objetivo del presente trabajo es el desarrollo y la implementación de una estación de carga para vehículos eléctricos (VE) a partir del soporte energético de celdas combustibles (FC), las que utilizan el hidrógeno verde (H2V) como vector energético, entendiéndose que para que el hidrógeno utilizado sea verde es necesario que las fuentes energéticas primarias utilizadas para generación del H2V, tienen que ser recursos energéticos renovables (RER), en el trabajo mencionamos las energías fotovoltaica y eólica, no se incorpora en este artículo la producción de H2V, en razón a que fueron presentadas y publicadas, por el autor en artículos anteriores al presente trabajo.

## II. MARCO TEORICO

La celda combustible PEMFC es mostrada en la figura 1, La membrana de intercambio de protones (PEM) es un filtro que tiene aberturas de dimensiones nanométricas, que tienen la característica de permitir el paso del hidrógeno de izquierda a derecha, sin embargo por el tamaño no permite el paso del oxígeno de derecha a izquierda, esto da como resultado las reacciones químicas indicadas en la figura y como se puede apreciar quedan electrones libres en la capa de difusión de gas de la izquierda y como la reacción química a la derecha requieren dichos electrones entonces que se produzca una corriente eléctrica convencional que va de cátodo al ánodo y como producto remanente genera agua, como se aprecia al lado derecho de la gráfica, como resultado de la reacción química se genera una energía térmica que se traduce en calor el cual es emitido por el cátodo. Como puede apreciarse el proceso no produce ninguna contaminación y realiza la conversión del hidrógeno verde en electricidad, la cual actúa como una fuente de generación de energía eléctrica y como se aprecia también genera una energía térmica.



### A. - Modelamiento

El presente trabajo se desarrolla en un escenario de tratamiento de variables fundamentalmente de naturaleza eléctrica que se produce debido a reacciones químicas que se dan en la FC como consecuencia de un proceso electroquímico; por lo tanto resulta bastante conveniente tener un modelo eléctrico de la celda combustible. Los investigadores: Souleman Njoya Motapon, Olivier Tremblay y Louis-A. Dessaint, del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Técnica Superior de Montreal, Canadá, publicaron y presentaron un modelo eléctrico simplificado de la FC en el año 2014. En este trabajo tomamos como base el modelo

presentado por los mencionados investigadores, por lo tanto utilizamos el modelo simplificado desarrollado en las referencias [3] y [22], se asume en este trabajo para el stack de celdas combustibles que están conformadas por un agrupamiento en serie de celdas combustibles básicas, el modelamiento, que en detalle es mostrado en la figura 2, y que posteriormente en la figura 3 es mostrado el modelo de manera más simplificada y es el que se utiliza para las simulaciones y cuando se implementa las aplicaciones correspondientes.

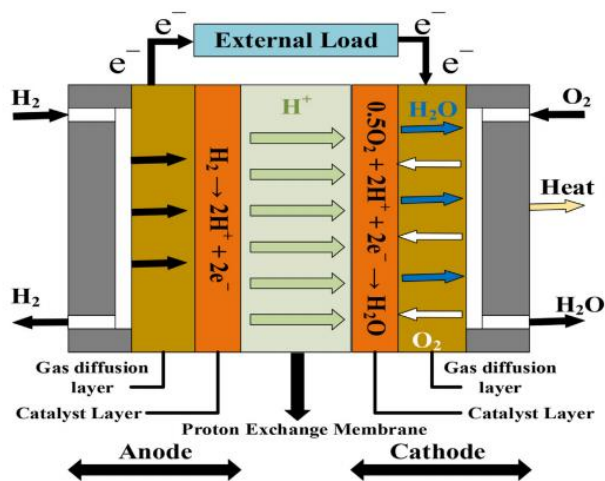


Figura 1. Celda combustible PEM (Figura obtenida de international journal of hydrogen energy 52 (2024) pp 1005 al 1034)

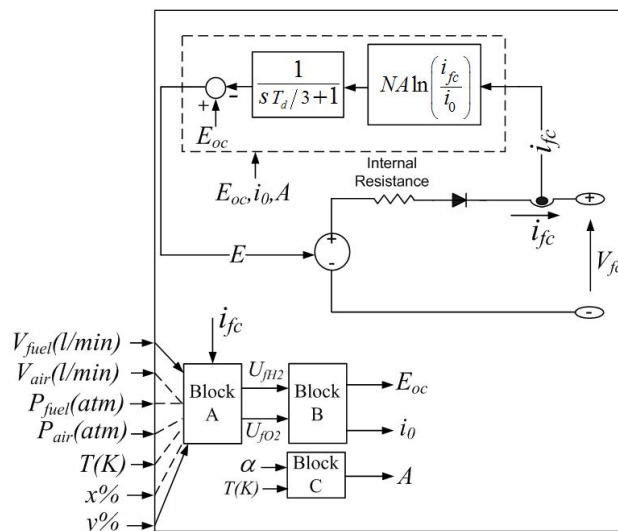


Figura 2.- Modelo en detalle del stack de celdas combustibles

Donde

$E_{oc}$  = Voltaje en circuito abierto (V)

$N$  = número de celdas

$A$  = La pendiente de Tafel (V)  
 $i_0$  = corriente de intercambio (A)  
 $T_d$  = La respuesta en el tiempo (al 95% del valor final) (sec)  
 $R_{ohm}$  = Resistencia interna ( $\Omega$ )  
 $i_{fc}$  = corriente de la celda combustible (A)  
 $V_{fc}$  = voltaje de la celda combustible (V)

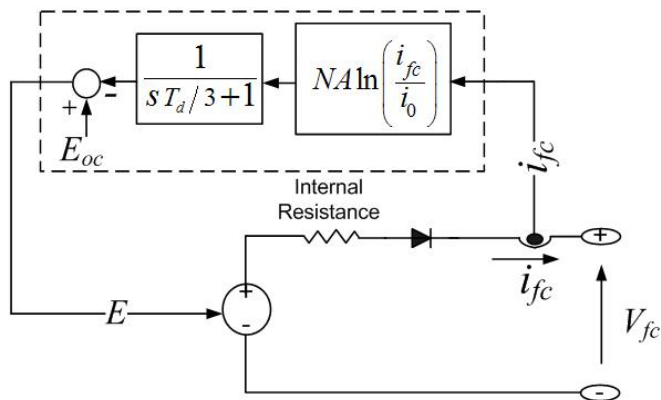


Figura 3.- Modelo simplificado del stack de celdas combustibles

Los modelos son aproximaciones en donde se asumen ciertas consideraciones de trabajo, por ejemplo el modelo anterior considera una temperatura constante (que sería un promedio), sin embargo si se consideran variaciones que no se tomaron en cuenta, pero se asumen otras consideraciones obtienen valores que son otra aproximación, de tal forma que el modelo queda validado y ajustado con los resultados experimentales de campo.

En el sentido de lo expresado anteriormente de acuerdo a otra aproximación (que no considera pérdidas internas) el voltaje de salida quedaría establecido con la siguiente expresión.

$$V = n_{cel} \left[ 1.229 - 0.85 \cdot 10^3 (T - 298,15) + \frac{RT}{2F} \ln \left( \frac{P_{H2} \cdot \sqrt{P_{O2}}}{P_{H2O}} \right) \right] \dots (4)$$

Donde

$n_{cel}$  es el número de celdas unidas en serie,  $T$  es la temperatura en K,  $R$  es la constante de los gases ideales (J/kmol. K)  
 $P_{H2}$ ,  $P_{O2}$  y  $P_{H2O}$  son las presiones parciales de Hidrógeno, el Oxígeno y el Agua, y  $F$  es la constante de Faraday en (C/mol).

La celda combustible presenta una curva de polarización o curva característica entre el voltaje y la corriente que tiene entre sus terminales, esta curva se muestra en la figura 4.

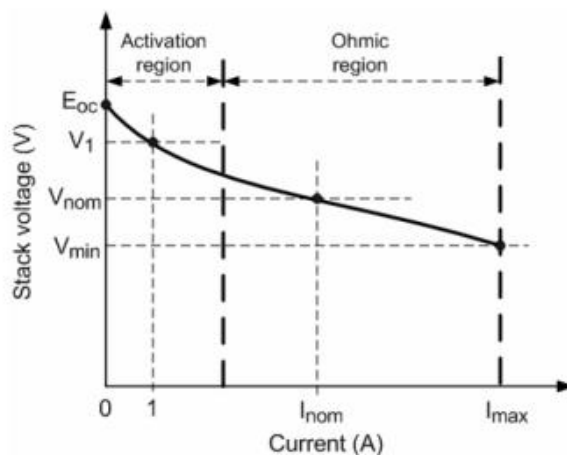


Figura 4. Curva de respuesta V vs. I del stack de las celdas combustibles [1].

En la figura 5 se muestra la pila de combustible, sistema que actúa con el hidrógeno verde, el sistema eléctrico del móvil que accionará un motor eléctrico, el cual actuará sobre el sistema de movimiento que constituye el sistema de propulsión mecánica [3].

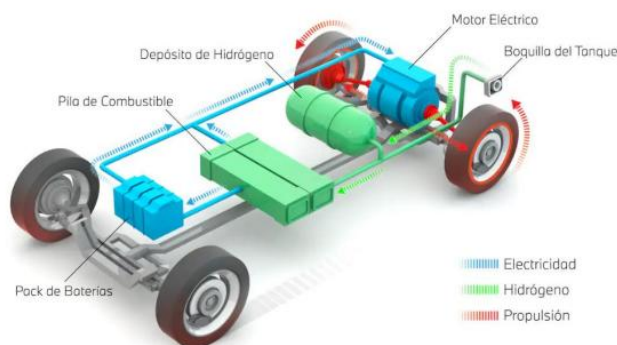


Figura 5.-Funcionamiento de un vehículo propulsado por hidrógeno. Fuente: (BMW).

### B. El sistema de monitoreo (eventualmente remoto)

En cualquier vehículo moderno las variables del proceso ( en este caso del vehículo eléctrico) regularmente son monitoreadas y aun podrían ser controladas de manera remota. Con el paso de los tiempos se han ido desarrollando cada vez más, protocolos de comunicación que deben contemplar criterios para su implementación con tecnología IoT, estos criterios que se tienen en cuenta en los protocolos son : escalabilidad, comunicación, manejo, seguridad, etc., criterios

que son considerados en la implementación del protocolo que se usa al incorporar la tecnología IoT [8].

La gran mayoría de los protocolos usados en el IoT están situados en el nivel de la capa de aplicación considerando la estructura OSI, esto permite que los protocolos sean más flexibles y no dependan de la capa física para funcionar. Entre ellos se tiene el protocolo CoAP (Constrained Application Protocol) que es similar a HTTP, pero usa paquetes de información más livianos, está basado en el funcionamiento Cliente/Servidor donde el cliente puede utilizar los comandos GET, PUT, POST y DELETE [11].

Otro de los protocolos es el MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) el cual se basa en un concepto de dos elementos, Publicador/Suscriptor diseñado para ejecutar la comunicación máquina a máquina con baja carga de datos, la arquitectura de MQTT es similar al concepto Cliente/Servidor, donde cada sensor es un cliente conectado a un servidor. El servidor es conocido como Broker y utiliza comunicación TCP. MQTT es un protocolo con mensajes orientados y cada mensaje es publicado el tema específico que le corresponde. Los clientes se pueden suscribir a varios temas y cada cliente suscrito a un tema recibe cada uno de los mensajes que se publica a el tema correspondiente [11]. [17].[18].[19].

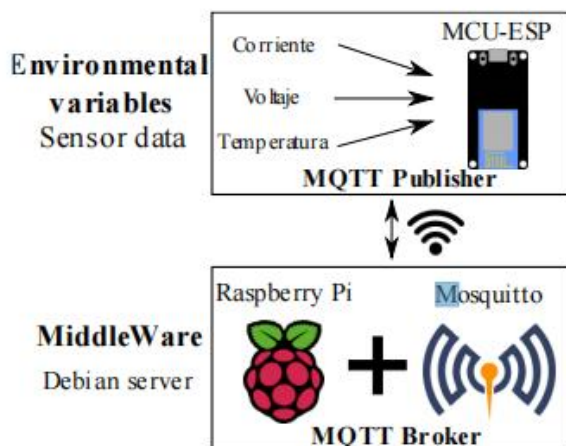


Fig. 6. Arquitectura IoT adoptada.

### III. DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO

#### A. Arquitectura en la implementación de la electrolinera

Se adoptó la arquitectura de la figura 7, la generación del hidrógeno verde se encuentra implementada por el grupo de investigación correspondiente y provee el H2V que ser usado por la electrolinera.

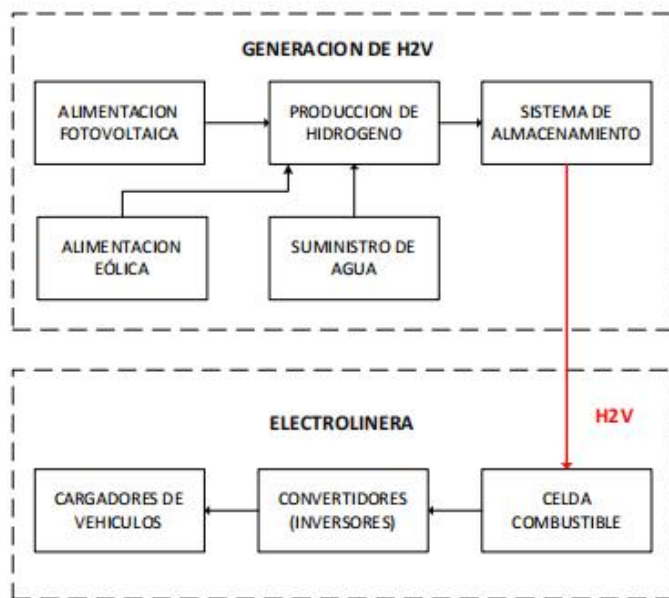


Fig. 7. Diagrama de bloques del proyecto

Considerando las distintas potencias, corrientes de circulación y tiempos de carga se puede indicar que la carga puede ser de carga lenta o de carga rápida, para este proyecto se propone la carga lenta en la que la potencia demandada por el VE está comprendida entre 3.5 - 22 kW, y el tiempo de carga esté comprendido entre 8 - 6 horas.

Dentro de la normativa UNE-EN 61851-1:2001, se observa que existen cuatro modos de carga distintos, en este proyecto se propone el denominado modo 2 que tiene como característica la conexión del VE a la red de corriente alterna utilizando tomas de corrientes normalizadas, monofásicas o trifásicas, y tiene en el conector puntos terminales para: fase(s), neutro y conductores de toma de tierra de protección junto con un conductor piloto de control entre el VE y la clavija o la caja de control. Adicionalmente se puede tener de manera opcional una comunicación de datos en modo serie.

En el desarrollo de este trabajo no se ha enfatizado la operación de los convertidores electrónicos de potencia, en especial en los que corresponden a la conversión DC - DC y en la conversión de DC - AC ( Inversores), sin embargo se debe tener en cuenta y considerar la importancia de las unidades de conversión de potencia y sus controles asociados los cuales permiten la correcta y adecuada operación del sistema.

Además en el proceso de optimización se busca trabajar con la mayor eficiencia posible, de manera que se tiene que implementar los funcionamientos en puntos de máxima transferencia de potencia, en ese sentido se implementan los algoritmos MPPT tanto para la generación fotovoltaica , como la generación eólica.

A manera de ejemplo mostramos los resultados de la implementación del algoritmo P&O para una generación

fotovoltaica. Esto es mostrado en la parte final de este artículo en la figura 13.

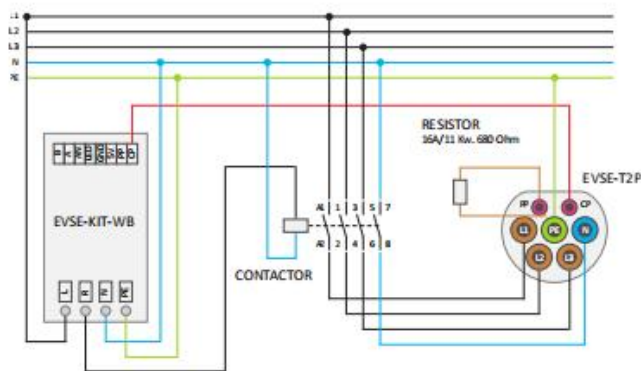


Fig. 8. Cargador de Vehículo eléctrico

Para cumplir con la potencia esperada se usa en este proyecto una alimentación trifásica y para controlar el cargado se usa el controlador EVSE-KIT-WB que activa un contactor trifásico, como se representa en la figura 8. Para operar de esta forma se debe convertir la energía obtenida de las celdas de combustible de hidrógeno de voltaje continuo a voltaje alterno trifásico, se utilizan inversores como el circuito de la figura 9 para cada fase. Cabe mencionar que se presenta en la figura 9 solo una de las tres fases que finalmente se implementa en el sistema que desarrolla este trabajo, esta presentación parcial del inversor, respecto al caso trifásico, obedece al hecho que simplemente se trata de mostrar con algo más de detalle el circuito de control y el driver para uno de los brazos de potencia del inversor.

### B. Arquitectura IoT propuesta.

Esta arquitectura representada en la figura 6 se compone principalmente de 2 partes: El módulo de variables ambientales que se encarga de recoger los datos de los sensores y enviarlos mediante Wifi a un servidor mediante el protocolo MQTT (protocolo muy usado en el IoT). El módulo MiddleWare que se encarga de recibir los datos y servirlos a cualquier cliente que lo solicite (servidor MQTT), para este proyecto se ha implementado en un raspberry pi.

### C. Adquisición de los datos de los sensores

El Tag asignado para cada dato y el rango de valores que pueden tomar se especifica en la tabla 1, además se nombra el modelo del sensor usado. La plataforma encargada de recibir las señales de los sensores y de asignarles el tag correspondiente, así como realizar la publicación de cada dato en el servidor MQTT es la plataforma de desarrollo ESP32, que fue seleccionada por la facilidad de conexión con wifi y por la flexibilidad en la instalación de librerías y en la programación.

Tabla 1. Principales características de cada dato de los sensores.

	Tag	Sensor	Valor
Data 1	esp/dht/voltaje	FZ0430	0-16.5
Data 2	esp/dht/Corriente	Efecto Hall	0-50
Data 3	esp/dht/temperatura	LM35	0-90

### D. Red MQTT implementada

MQTT es un protocolo de publicación/suscripción que es liviano y requiere mínimo ancho de banda para conectar los dispositivos de IoT. Los componentes de MQTT se pueden listar en:

- **Publisher:** Es el que genera la información (los sensores asistidos por el MCU ESP32).
- **Broker:** Encargado de mandar los mensajes entre remitentes y destinatarios (el raspberry pi).
- **Subscriber:** Es el que se inscribe a los temas de interés para consumir la información (la página web y la app de realidad aumentada).

La arquitectura de la red implementada fue presentada en la Figura 6. El broker se encuentra implementado en un raspberry pi es Mosquitto, este broker nos ofrece flexibilidad y es open source [11]. Este protocolo se encuentra implementado en la capa de aplicación y para reforzar la seguridad se puede usar el protocolo SSL/TLS con la finalidad de evitar los ataques de Man in the middle (MITM), que son habituales en los dispositivos IoT [19][20] que ponen en riesgo los datos intercambiados o son usados para ataques a gran escala.

## IV. RESULTADOS

La carga que alimenta a la generación del FC es no lineal y con conmutaciones frecuentes en el tiempo, en razón a que se esta alimentando a un convertidor DC-DC donde el transistor IGBT de la figura 10 esta generando una corriente pulsante, sin embargo no se aprecian inestabilidades ni en la tensión, ni en la corriente de la batería.

En promedio la corriente de carga a la batería es constante al rededor de 0.32 Amperios y la batería tiene una tensión alrededor de los 13 voltios lo indica que recibe 4 watts constantemente, (carga lenta), como estableció al inicio.

La transferencia de potencia es concordante, tanto las variables de salida de la Celda Combustible como lo que ingresa a la batería, se aprecia la tensión en la celda combustible es de 7 voltios y la corriente es de 0.57 amperios, que enterga también 4 wátios.

Finalmente a nivel de resultados simulados se observa el buen funcionamiento de la energía de soporte suplementario entregado por el panel fotovoltaico manteniéndose constante en tensión, corriente y en potencia. Directamente este punto no tiene correlación con la celda combustible pero servirá como refuerzo energético cuando hay mayor demanda.

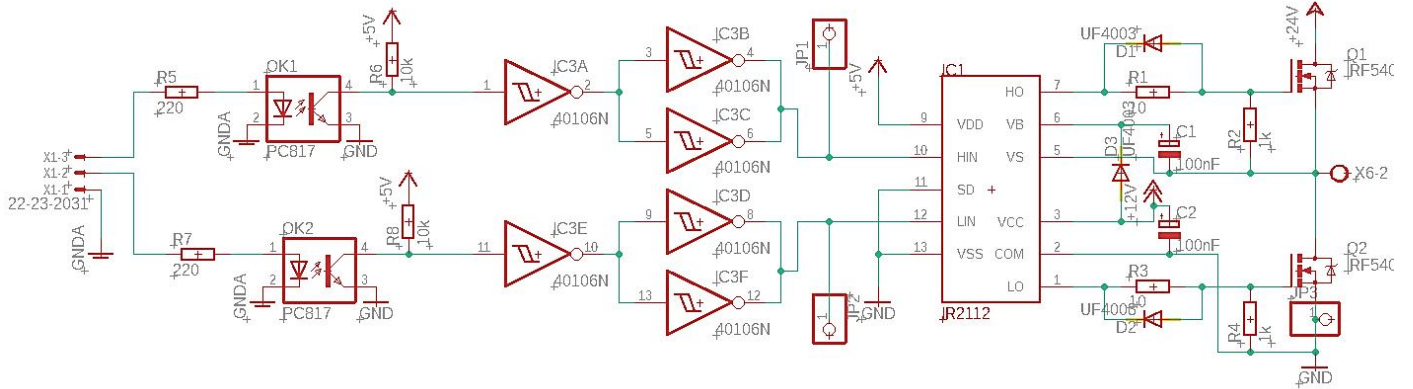


Fig. 9. Circuito inversor optocoplado de Vehículo eléctrico para cada fase

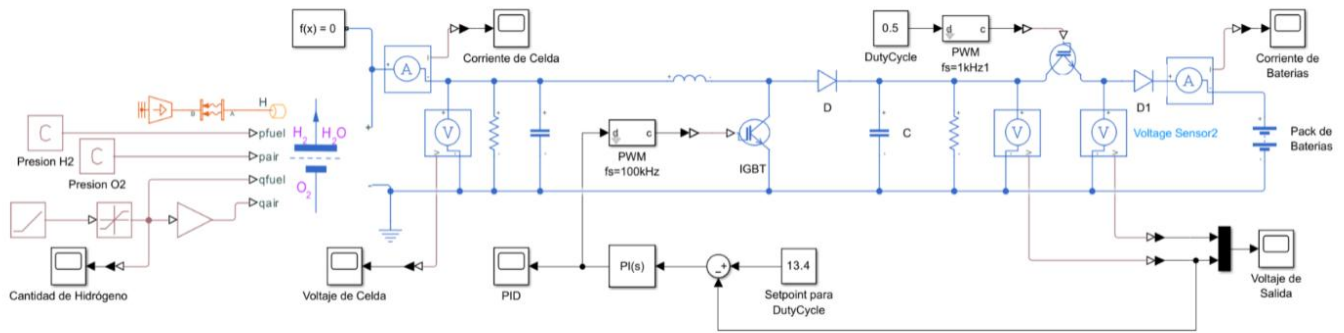
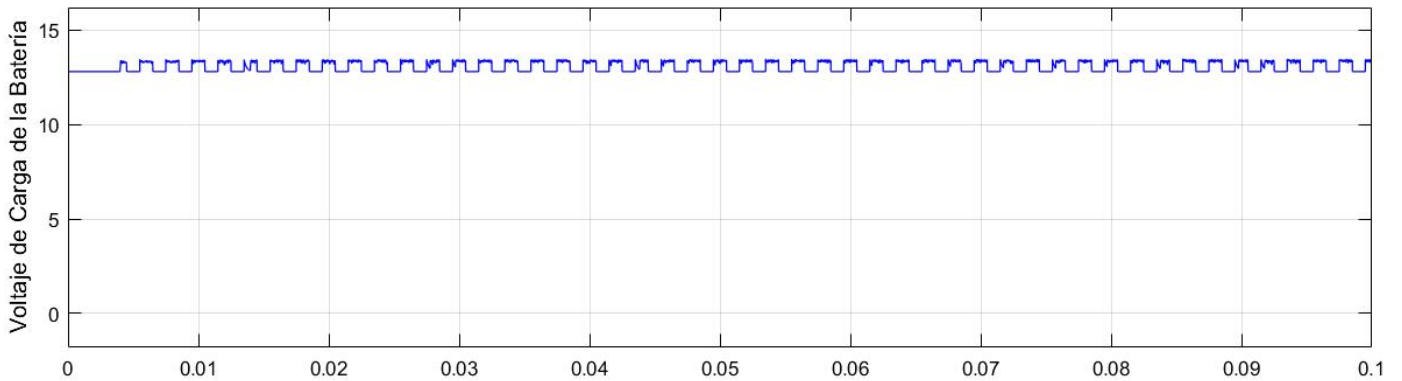


Fig. 10. Simulación de la electrolinera con circuito simplificado



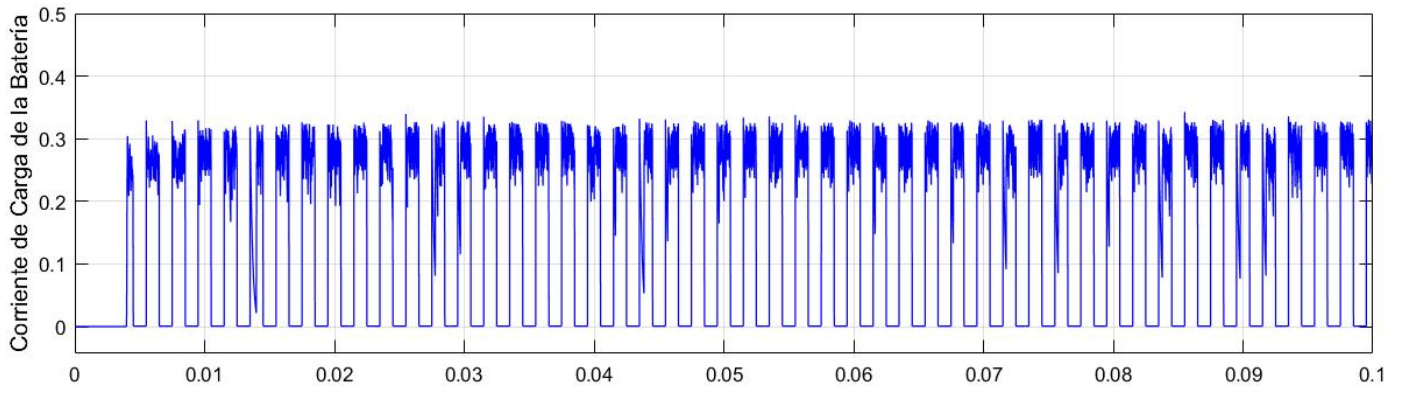


Fig. 11. Voltaje y corriente de carga de la Batería

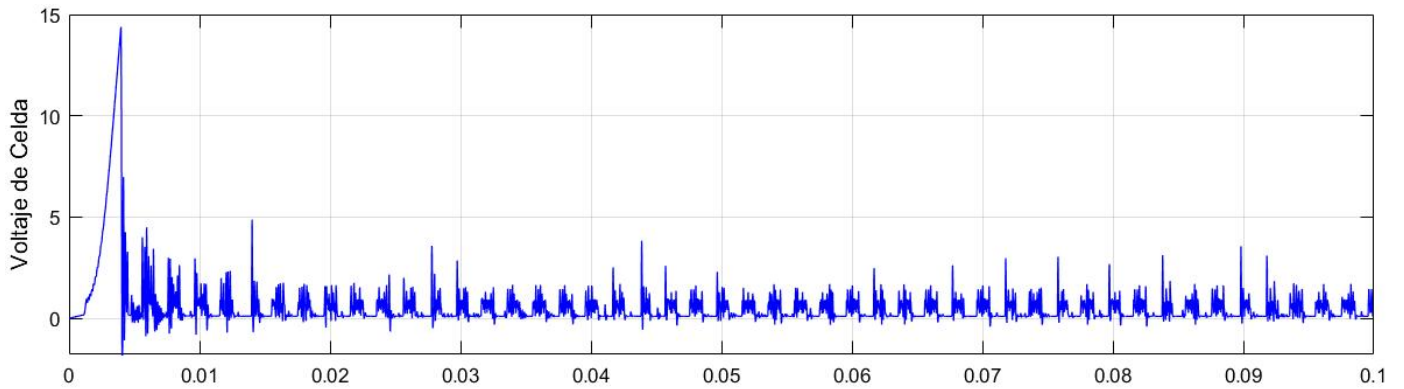
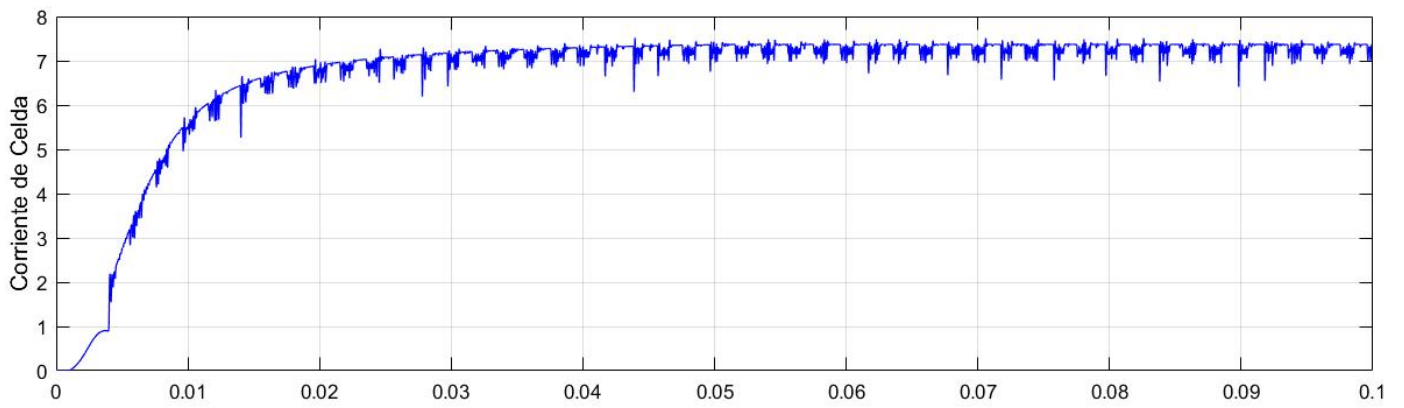


Fig. 12. Voltaje y corriente de la Celda de Hidrógeno.



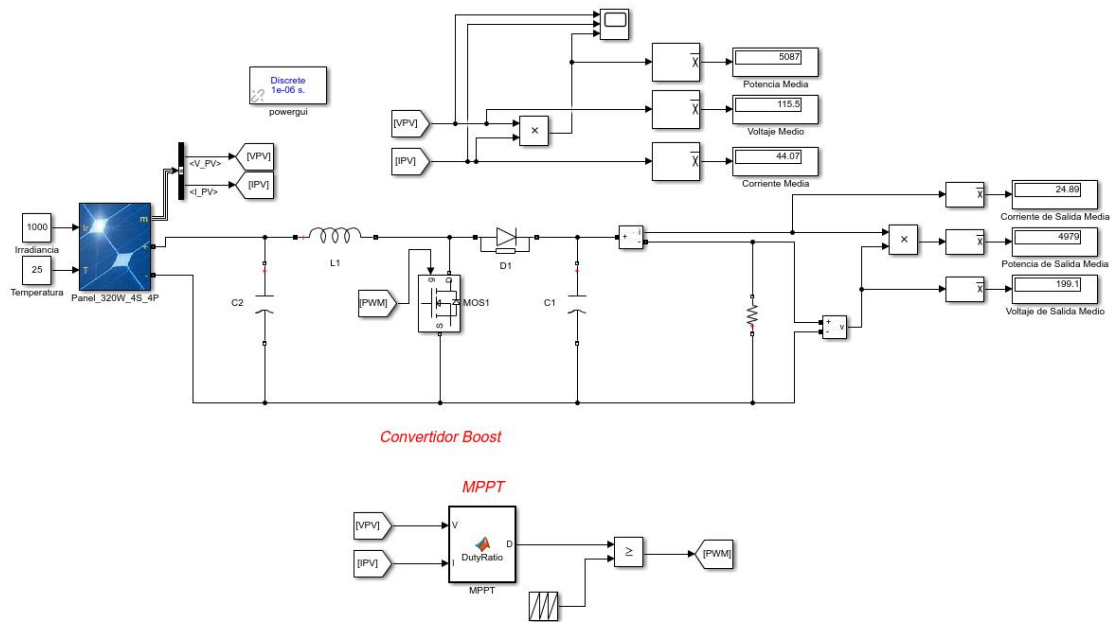


Figura 13 Esquema circuital en MATLAB/Simulink del sistema MPPT con algoritmo de Pertubar y Observar.

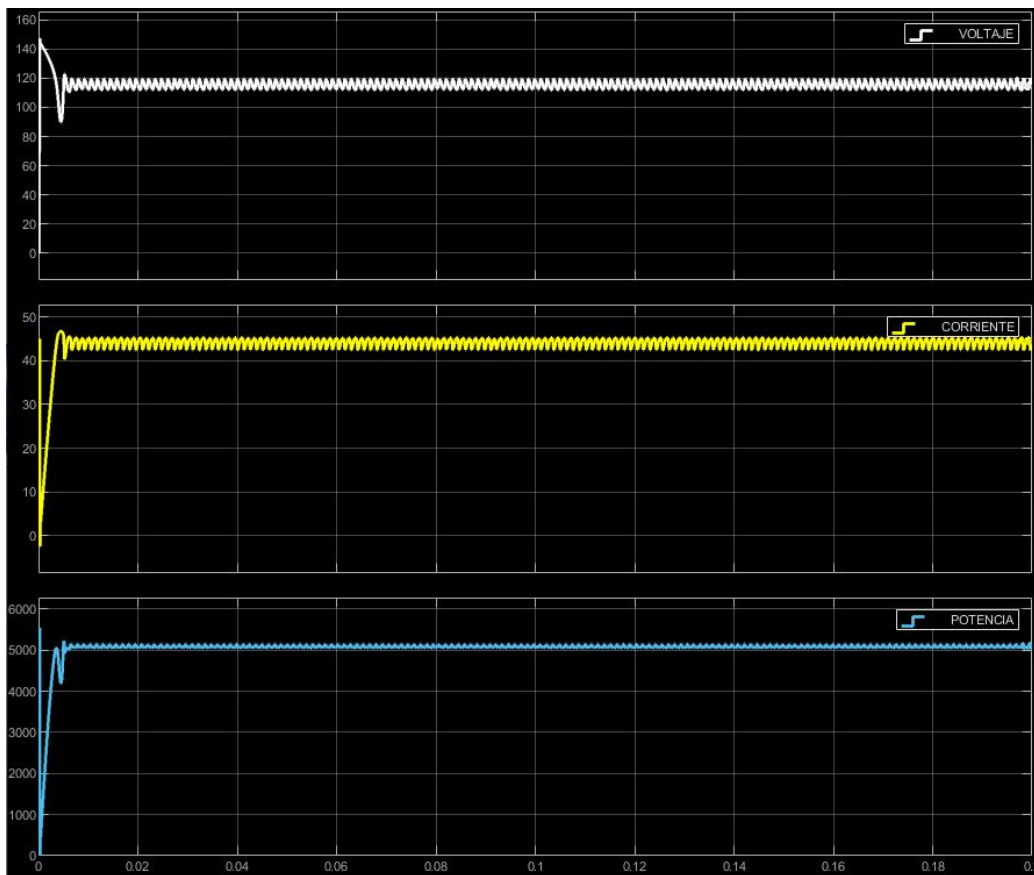


Figura 14 Respuesta de voltaje, corriente y potencia respectivamente a la salida del panel PV para Irradiancia 1kW/m2 y temperatura de 25°C

## V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a nivel de las simulaciones efectuadas permiten afirmar que el modelamiento simplificado de la FC usado en el sistema de recarga de baterías de vehículos eléctricos presenta un comportamiento satisfactorio y en proyección prácticamente se demuestra la viabilidad de implementar exitosamente el sistema de suministro energético a bordo de vehículos eléctricos o sistemas de transporte en general

Cuando la carga sea mas exigente se tiene el sistema de respaldo energético, para ello se ha desarrollado y simulado la generación PV.

La arquitectura de Internet de las cosas desarrollada en MQTT cumple con los requisitos de comunicación, factibilidad y rapidez en la implementación, además que ofrece alternativas para reforzar la ciberseguridad .

El monitoreo de variables es muy importante para la investigación y la evaluación y prueba de resultados experimentales.

Las pruebas y ensayos técnicos experimentales con monitoreo, son una garantía para el conocimiento significativo y sólido de los procesos y sirve para materializar efectivamente la trasferencia tecnológica con capacidad de asimilación y comprensión.

## REFERENCIAS

- [1] Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, tópico la energía y el medio ambiente (EPA), <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-dioxido-de-carbono>, USA,2023.
- [2] José J. de Troya Calatayud,Luis Carral Couce,Carlos Álvarez Feal,Jesús Rodríguez Guerreiro,"Estudio comparativo del uso de hidrógeno frente a combustibles fósiles en motores de combustión interna en buques", pp6-8,Universidad de La Coruña,Coruña, España,2013.
- [3] Souleman Njoya, M. Olivier Tremblay, and Louis-A. Dessaint "Development of a generic fuel cell model: application to a fuel cell vehicle simulation" Int. J. Power Electronics, Vol. 4, No. 6, 2012.
- [4] Leticia Álvarez Morales,"Estado del arte de la descarbonización del sector transporte mediante la tecnología del hidrógeno",Departamento de Energética ,Escuela Técnica Superior de Sevilla,Sevilla,2022.
- [5] Casa Cárdenas Álvaro Denni,Rodríguez Alegría Juvanna Nicol,Diseño de un prototipo de electrolinera para la recarga de vehículos eléctricos usando energía fotovoltaica,Universidad Técnica de Cotopaxi facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas ingeniería eléctrica en sistemas eléctricos de potencia,Ecuador,2023.
- [6] Yunzhi heng, V, "Hydrogen Filling station Design for Fuel cell Vehicles"recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/iel5/28/5688725/05621903.pdf>, 2010.
- [7] Guacaneme Moreno J.A , " control de puentes activos duales (DABs) en sistemas bidireccionales de alimentación con alta densidad de potencia"- Tesis de Doctorado Universidad Politécnica de Valencia.,diciembre 2015.
- [8] Lliso Cosin, A., " Uso de QTT para el control de dispositivos de IoT",Tesis de grado de Ingeniería Informática, niversidad Politécnica de Valencia, 2020..
- [9] Ibrahim Alhurayyis, Ahmad Ikhate (2020) "Bidirectional DC -DC Resonant Converter Design for Electric Vehicle Charging Stations Integration to VD Grids" 9th International onference on Renewable Energy Research and Applications Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9242656>
- [10] C. Erazo, Análisis y diseño de una electrolinera alimentada por energía solar para cargar autos eléctricos, Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial, 2016.
- [11] Y. Aguilar Molina, .A. Sosa amírez "Diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo remoto implementando Internet de las cosas" Universidad de Guadalajara, México. (Octubre 2020)
- [12] J. Salmerón, Diseño de la instalación de una electrolinera, Leganés: Universidad Carlos III de Madrid, 2012.
- [13] J. Acevedo, "Modelado y simulación de una batería de ion-litio multicelda", pringer, vol. II, p. 7, 2012.
- [14] . Bosh, "Manual de Baterías Bosh", Bosh, vol. I, p. 22, 2010.
- [15] James Larminie and Andrew Dicks," Fuel Cell Explained",John Wiley and Sons Ltd. 2003.
- [16] F. Helling, J. Glück; A. Singer, T. Weyh, " modular multilevel Battery ( M2B) for electric vehicles, 18th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'16 ECCE Europe), Germany,2016. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7695480>
- [17] Cheena Sharma, Dr. Naveen Kumar Gondhi, " Communication protocol tack for constrained IoT systems", hri ata Vaishno Devi University.
- [18] Neven Nikolov, " research of QTT, oA , HT and X IoT communication protocols for m edded system", Department of computer System and Technology, Bulgaria, September 16 2020.
- [19] K. Hwang, J. M. Lee, I. H. Jung and D. Lee, "Modification of Mosquitto Broker for Delivery of Urgent MQTT Message," 2019 IEEE Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE), 2019, pp. 166-167, doi: 10.1109/ECICE47484.2019.8942800.
- [20] Kang, James Jin, et al. "Hybrid routing for Man-in-the-Middle (MITM) attack detection in IoT networks." 2019 29th International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC). IEEE, 2019.
- [21] Abdul Haseeb Tariq , Syed Ali Abbas Kazmi , Muhammad Hassan , S.A. Muhammed Ali , Mustafa Anwar," Analysis of fuel cell integration with hybrid microgrid systems for clean energy: A comparative review", international journal of hydrogen energy 52 (2024) 1005 e1034,U.S.-Pakistan Center for Advanced Studies in Energy (USPCAS-E),Pakistan,2024.
- [22] Souleman Njoya M., Olivier Tremblay, Louis-A. Dessaint,"A Generic Fuel Cell Model for the Simulation of Fuel Cell Vehicles", Electrical Engineering Department, Ecole de Technologie Supérieure.Canada,2009.