# ANÁLISIS DE IMPEDANCIA ELECTROQUÍMICA EN ELECTROLIZADOR ALCALINO ALIMENTADO CON FUENTE CONTINUA Y PULSADA PARA LA GENERACIÓN DE HIDRÓGENO

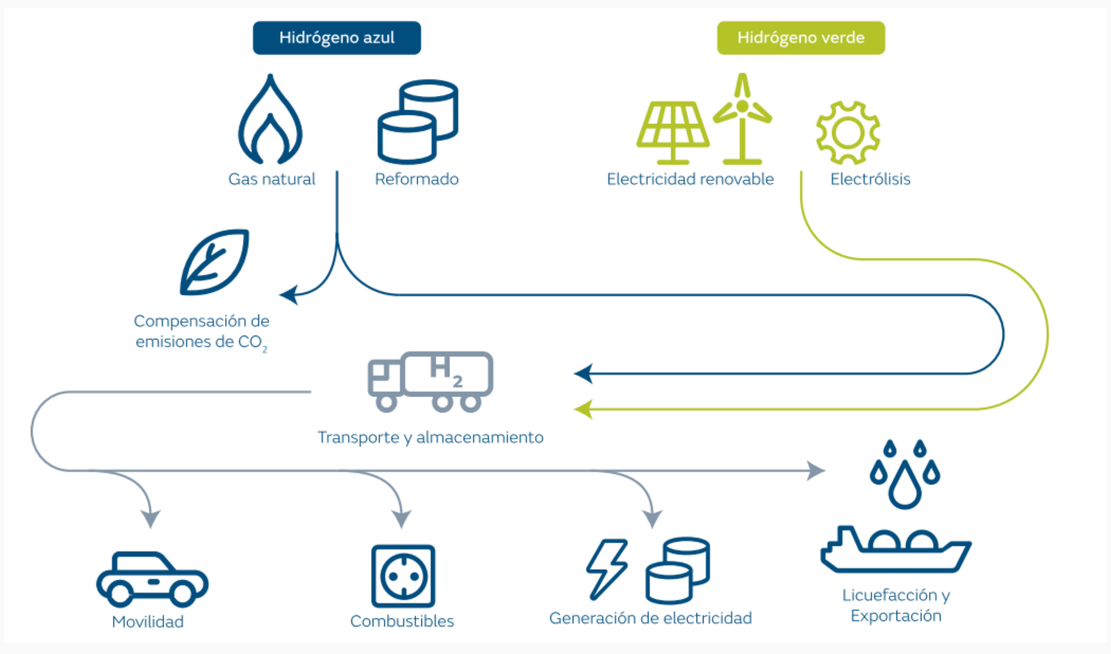
Ing. Mario Guillermo Ponce Hernández, Dr. Gerardo Marx Chávez Campos, Dr. Javier Correa Gómez, Dr. Héctor Javier Vergara Hernández

Posgrado en Ciencias de la Ingeniería Electrónica

Morelia, Mich. Noviembre 2024

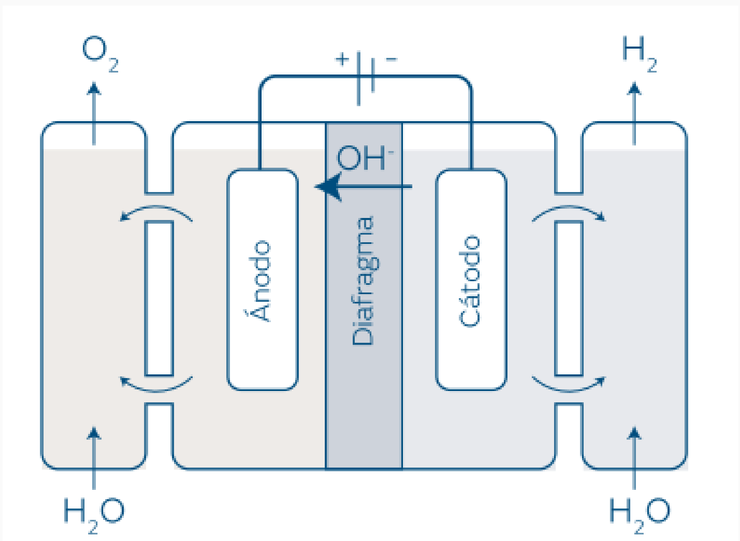
## Introducción

En el 2021 la producción global de hidrógeno fue de 94 millones de toneladas, de las cuales 35,000 toneladas fueron producidas por medio de la electrólisis de Agua (AEC), esto representa un crecimiento del 20 % en comparación con el 2020, ya que el 96 % de la producción total de hirdrógeno fué a partir de fuentes fósiles de combustible[1].




En la electrólisis del agua, al aplicar un voltaje (diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos) y una corriente continua, se promueve la disociación de las moléculas de agua ($H_2O$) en hidrógeno ($H_2$) y oxígeno ($O$), que se liberan en estado gaseoso. Existen distintos tipos de electrolizadores; sin embargo, tres de ellos tienen mayor presencia en el mercado y en el desarrollo tecnológico.

- Electrolizadores de Agua Alcalino (AEC o AWE por sus siglas en ingles).
- Electrolizadores de Membrana de Intercambio de Protones (PEM).
- Electrolizadores de Estado Sólido o de Altas Temperaturas (SOEC).




La electrólisis pulsada se refiere a la introducción de distintos tipos de señales (senoidal, triangular, cuadrada, rectangular, diente de sierra, PWM) como fuente de energía del electrolizador. Uno de los parámetros más importantes de una señal es la frecuencia. Se ha reportado que a altas frecuencias, durante la electrólisis pulsada, esta está directamente relacionada con un incremento en la generación de $H_2$ [2]. La investigación realizada por [2] muestra esta correlación, demostrando un crecimiento en el flujo de $H_2$ con valores que oscilan entre 0.069 y 0.090 ml/s, al incrementar la frecuencia de 100 $kHz$ a 1.2 $MHz$. Esto se atribuye a la eliminación inmediata de burbujas atrapadas que obstaculizarían el movimiento de especies hacia el electrodo, retrasando así el proceso general de electrocatálisis.

## Hipótesis

La impedancia de un electrodo es una medida de la oposición al paso de la corriente que presenta la interfaz entre el electrodo y el electrolito. Según la impedancia medida en las celdas del electrolizador, es posible evaluar el desgaste de los electrodos y del electrolito debido a las perturbaciones a las que el sistema pueda estar sometido.

## Objetivo

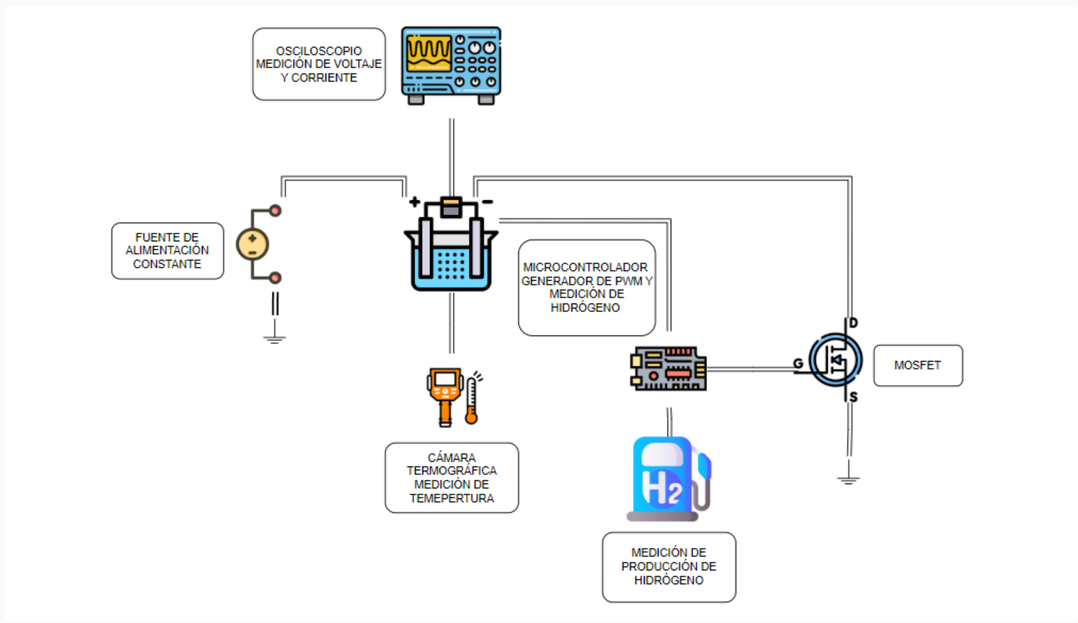
Realizar una comparación de la impedancias eléctrica del electrolizador alcalino bajo diversos parámetros de alimentación y analizar su impacto en la generación de hidrógeno, con el objetivo de identificar las condiciones que permiten producir hidrógeno con la mayor eficiencia energética.

1. Simular el comportamiento de un Electrolizador de Agua Alcalino (AEC) utilizando un modelo equivalente del sistema, basado en datos existentes y establecidos en la literatura.
2. Construir una celda Electroquímica a partir de los datos obtenidos en la simulación del sistema para realizar pruebas experimentales.
3. Implementar un sistema de adquisición de datos para medir variables como temperatura, flujo de hidrógeno, voltaje, corriente e impedancia del sistema.
4. Estimar el comportamiento de la impedancia del sistema al variar la fuente de energía.

## Metodología

1. Simulación del sistema a partir de un circuito equivalente.
2. Construcción de Celda Electroquímica.
3. Implementación de un sistema de adquisición de datos para la medición de Voltaje $V$, Corriente $I$, Potencia $W$, Potencia Aparente $S$, Temperatura $C$, Flujo $l/s$ e Impedancia $Z$.
4. Análisis de datos para determinar los mejores parámetros de operación.

El siguiente diagrama muestra los componentes propuestos para el sistema de adquisición de datos.




El sistema se alimentará con una fuente de corriente constante y otra variable con forma de onda PWM. Se tomarán mediciones de *V, I, P, S, °C, flujo y Z*, contrastando el comportamiento del sistema en corriente continua y con forma de onda. La forma de onda PWM se generará por medio de un microcontrolador, el cual estará conmutando la alimentación a cierta frecuencia y ciclo de trabajo, buscando el punto de operación óptimo y la variación de la $Z$ a través del tiempo.

## Referencias

[1] E.A. Norman, V.M. Maestre, A. Ortiz, I. Ortiz. *"Steam electrolysis for green hydrogen generation". State of the art and research perspective. Renewable and Sustainable Energy Reviews.* Vol 202. No. 114725. ISSN 1364-0321. 2024.

[2] Zubair Masaud, Guohua Liu, Lars Eric Roseng, Kaiying Wang. *"Progress on pulsed electrocatalysis for sustainable energy and environmental applications". Chemical Engineering Journal.*Vol 475. No 145882. ISSN. 1385-8947. 2023.

LaTeX TikZposter