

ENERGÍA HIDROELÉCTRICA PARA GENERACIÓN DE HIDRÓGENO EN EL ECUADOR. HYDROELECTRIC POWER FOR HYDROGEN GENERATION IN ECUADOR

Luis Contreras-Vásquez¹

¹ Universidad Técnica de Ambato, Dirección de Investigación y Desarrollo, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato - Ecuador, lf.contreras@uta.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8896-8264>

DOI: <https://doi.org/10.31243/id.v17.2023.1883>

Resumen

Este trabajo se enfoca en explicar la viabilidad de la implementación de la tecnología del hidrógeno como un remplazo al uso de los combustibles fósiles, utilizando fuentes de energía renovables de tipo hidroeléctrico, para lo cual se realiza una evaluación de la creciente demanda energética y estado actual de contaminación ambiental. Se plantean diversas alternativas, para la producción de hidrógeno entre las cuales sobresale la electrólisis del agua considerando la eficiencia y viabilidad económica del proceso. También se realiza un análisis comparativo de las tecnologías utilizadas en varios países para la obtención de hidrogeno mediante hidroelectricidad. Finalmente, se determina la posibilidad de utilizar la tecnología del hidrógeno como complemento para aumentar el factor de eficiencia de las centrales hidroeléctricas en el Ecuador, contribuyendo de esta manera con un cambio hacia una matriz energética limpia y renovable que sea económicamente sustentable.

Palabras clave:

Tecnología del Hidrógeno, Combustibles Fósiles, Centrales Hidroeléctricas, Electrólisis, Matriz Energética

Abstract

This work focuses on explaining the viability of the implementation of hydrogen technology as an alternative in the use of fossil fuels, using hydroelectric renewable energy sources, for that purpose, an evaluation of the growing energy demand and the current state of environmental pollution is carried out. Various alternatives are proposed for the production of hydrogen, and electrolysis of water stands out considering the efficiency and economic viability of the process. A comparative analysis of the technologies used in various countries to obtain hydrogen through hydroelectricity is also performed. Finally, the possibility of using hydrogen technology as a complement to increase the efficiency factor of hydroelectric plants in Ecuador is determined, thus contributing to a change towards a clean and renewable energy matrix that is economically sustainable.

Keywords:

Hydrogen Technology, Fossil Fuels, Electrolysis, Hydroelectric Plants, Energy Matrix

Introducción

Los fenómenos climáticos actuales, la contaminación ambiental y el constante incremento en el consumo global de energía, impulsan el desarrollo de sistemas energéticos más eficientes amigables con el medio ambiente y que no dependan de combustibles fósiles para su funcionamiento. El sector eléctrico a nivel mundial está adaptándose constantemente hacia modelos que integren las energías renovables para la generación de energía (Abdin & Mérida, 2019; Yue et al., 2021).

Como resultado de esta variación, cada vez más los países están invirtiendo en nuevas tecnologías que permitan desviar el uso de los derivados del petróleo, sin embargo a medida que aumenta el desarrollo de las energías renovables, se pueden observar los desafíos que estas presentan para poder suplir completamente la demanda energética global (Impram et al., 2020). La dependencia de las condiciones específicas de climas, suelos, agua, etc., así como de almacenamiento del exceso de energía producido, generan limitaciones en el manejo de la generación eléctrica haciendo indispensable hasta el día de hoy, combinar las energías renovables con las no renovables para poder garantizar el suplir la demanda eléctrica (Chevez, 2021).

Por lo tanto, es indispensable enfocarse en nuevas tecnologías que permitan eliminar las limitaciones que presentan las energías renovables para de esta manera realizar una transición segura hacia una generación eléctrica eficiente y carbón-neutra.

Tecnología del Hidrógeno

El hidrógeno (H₂) se presenta como una alternativa en rápido crecimiento para realizar la deseada transición hacia un futuro libre de emisiones nocivas (Dolci, 2019). La mayoría de países industrializados están integrando en sus portafolios a la tecnología del hidrógeno, para el 2050 está proyectado que la producción del hidrógeno crezca de 70 millones de toneladas métricas anuales (2020) a 1,300 millones de toneladas métricas (IEA, 2021; Thapa & Thapa, 2020).

El H₂ es un vector energético, es decir es un gas que es capaz de almacenar energía para que esta pueda ser liberada en otro lugar o momento posterior de forma controlada (Amez Arenillas et al., 2021). Sin embargo, el hidrógeno no se lo encuentra libremente en la naturaleza y para su obtención es necesario utilizar fuentes de energías primarias o secundarias, como la electricidad renovable solar, eólica e hidroeléctrica (Egeland-Eriksen et al., 2021). Los mayores desafíos a los que se enfrenta la electricidad renovable son la intermitencia en la generación eléctrica y el almacenamiento del exceso de energía producido durante los períodos de baja demanda (Estévez et al., 2021).

El hidrógeno producido mediante el proceso de electrólisis del agua puede ser utilizado como combustible para un amplio rango de usos finales, además se puede utilizar como almacenamiento de energía lo cual incrementaría el factor de eficiencia de producción eléctrica de las plantas de generación renovables. Entre los diversos procesos de producción de hidrógeno verde, la electrólisis es el más eficiente, y efectivo debido a que se puede utilizar la electricidad renovable para generación de hidrógeno mediante electrolizadores (Staffell et al., 2019). Económicamente

hablando, el proceso de producción de hidrógeno mediante fuentes renovables en los últimos años se ha viabilizado, especialmente en los lugares donde se cuenta con grandes cantidades de recursos renovables, lo cual le ha permitido ser competitivo en el mercado energético actual (Kothari et al., 2008).

La producción potencial de hidrógeno de fuentes hidroeléctricas se puede estimar utilizando 2 métodos básicos. El primero se considera asumiendo un cierto porcentaje hidroeléctrico económicamente disponible que sería utilizado para la generación de hidrógeno, mediante la electrólisis. El segundo método se plantea en función de la electricidad que podría ser generada por el exceso de producción o decrecimiento en la demanda de la planta de generación hidroeléctrica durante períodos de lluvias. Estudios contemplados siguiendo este método muestran que el potencial de producción de hidrógeno sería muy efectivo y genera grandes cantidades de energía (Padilha et al., 2009)

Países como Estados Unidos, estudian el potencial hidroeléctrico para generación de hidrógeno, a través del Laboratorio Nacional de Energías Renovable (NREL) por sus siglas en inglés, determinando una producción de ton (Connelly et al., 2020), otros países de la región como Brasil, Colombia, Paraguay, Venezuela y Chile también cuentan con estudios que evidencian el potencial de producción de hidrógeno y su viabilidad para la implementación dentro del mercado energético (Carvajal-Osorio & Competitividad, 2010; Jimenez Sáez, 2020; Riveros-Godoy et al., 2013).

En Ecuador se han realizado varios estudios de viabilidad para la implementación de la tecnología del hidrógeno mediante fuentes hidroeléctricas, los cuales han determinado que dado que se cuenta con un amplio potencial hidroeléctrico, y un bajo coste de la energía eléctrica, la producción de hidrógeno tendría un potencial muy importante para su implementación como un complemento en la matriz energética nacional, ya que permitiría incrementar el factor de eficiencia de las plantas hidroeléctricas existentes y con esto ser más viable económicamente (Jakob, 2017; Posso et al., 2016).

Conclusiones

El presente análisis se centra en la tecnología del hidrógeno como una alternativa al uso de los combustibles fósiles para aplicaciones de generación y almacenamiento de energía. Se detalló el proceso mediante el cual se podría producir el hidrógeno tomando en consideración la alternativa más eficiente, efectiva y que no presente una huella negativa de carbono, para lo cual se seleccionó el proceso de la electrólisis del agua, utilizando energía eléctrica renovable generada mediante fuentes hidroeléctricas. Adicionalmente se expuso 2 métodos básicos para la potencial generación de hidrógeno mediante hidroeléctricas, donde se estableció que se podría utilizar el agua de desecho de las plantas que se elimina sin generar ningún beneficio en períodos de baja demanda para producir hidrógeno. Se determinó que la tecnología para producir y utilizar el hidrógeno en las plantas hidroeléctricas está disponible y es técnica y económicamente viable. El hidrógeno verde no contamina el ambiente, ni genera emisiones de gases de efecto invernadero, ya que su combustión únicamente produce vapor de agua. Además, el hidrógeno puede ser

utilizado para producir electricidad in-situ o puede ser almacenado, transportado, vendido, exportado y utilizado en diversas aplicaciones comerciales generando ingresos adicionales.

Se puede evidenciar que el Ecuador tiene un gran potencial para la producción de hidrógeno verde mediante fuentes hidroeléctricas, no solo por la disponibilidad y abundancia del recurso natural, sino por el aumento en la eficiencia de las centrales hidroeléctricas, lo cual se vería representado en un aporte económico para el país. Sin embargo, para que este proyecto sea viable es necesario que todos los actores tanto el estado como organizaciones gubernamentales, no gubernamentales y la academia trabajen mancomunadamente para poder poner en práctica la producción de hidrógeno en el Ecuador.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación y Desarrollo DIDE de la Universidad Técnica de Ambato por el financiamiento de esta investigación mediante el proyecto #PFICM28 “Análisis de Factibilidad de Generación de Hidrógeno Verde mediante Fuentes de Energía Hidroeléctricas en el Ecuador”

Referencias

- Abdin, Z., & Mérida, W. (2019). Hybrid energy systems for off-grid power supply and hydrogen production based on renewable energy: A techno-economic analysis. *Energy Conversion and Management*, 196, 1068–1079. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2019.06.068>
- Amez Arenillas, I., Ortega, M. F., García Torrent, J., & Llamas Moya, B. (2021). Hydrogen as an Energy Vector: Present and Future. *Sustaining Tomorrow via Innovative Engineering*, 83–129. https://doi.org/10.1142/9789811228032_0003
- Carvajal-Osorio, H., & Competitividad, J. B.-I. (2010). Estudio sobre producción de H2 con hidroelectricidad para una economía de hidrógeno en Colombia. *Redalyc.Org*. <https://www.redalyc.org/pdf/2913/291323517003.pdf>
- Chevez, P. (2021). Energías renovables y eficiencia energética en ciudades: barreras, facilitadores, desafíos y oportunidades. Entrevista con Lea Ranalder. *Geograficando*, 17(2), e106. <https://doi.org/10.24215/2346898XE106>
- Connelly, E., Penev, M., Milbrandt, A., Roberts, B., Melaina, M. W., & Gilroy, N. (2020). Resource Assessment for Hydrogen Production. <https://www.h2knowledgecentre.com/content/researchpaper1728>
- Dolci, F. (2019). Green hydrogen opportunities in selected industrial processes. <https://doi.org/10.2760/634063>
- Egeland-Eriksen, T., Hajizadeh, A., & Sartori, S. (2021). Hydrogen-based systems for integration of renewable energy in power systems: Achievements and perspectives. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(63), 31963–31983. <https://doi.org/10.1016/J.IJHYDENE.2021.06.218>
- Estévez, R. A., Espinoza, V., Ponce Oliva, R. D., Vásquez-Lavín, F., & Gelcich, S. (2021). Multi-Criteria Decision Analysis for Renewable Energies: Research Trends, Gaps and the Challenge of Improving Participation. *Sustainability* 2021, Vol. 13, Page 3515, 13(6), 3515. <https://doi.org/10.3390/SU13063515>

- IEA. (2021). Global Hydrogen Review 2021 – Analysis. <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021>
- Impram, S., Varbak Nese, S., & Oral, B. (2020). Challenges of renewable energy penetration on power system flexibility: A survey. *Energy Strategy Reviews*, 31, 100539. <https://doi.org/10.1016/J.ESR.2020.100539>
- Jakob, M. (2017). Ecuador's climate targets: A credible entry point to a low-carbon economy? *Energy for Sustainable Development*, 39, 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2017.04.005>
- Jimenez Sáez, F. (2020). EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE HIDRÓGENO VERDE EN APLICACIONES PARA LA INDUSTRIA Y DESPLAZAMIENTO DE COMBUSTIBLE FÓSIL. Universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/175586>
- Kothari, R., Buddhi, D., Sawhney, R. L., Kothari, R., Buddhi, D., & Sawhney, R. L. (2008). Comparison of environmental and economic aspects of various hydrogen production methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(2), 553–563. <https://econpapers.repec.org/RePEc:eee:rensus:v:12:y:2008:i:2:p:553-563>
- Padilha, J. C., da Trindade, L. G., de Souza, R. F., & Miguel, M. (2009). An evaluation of the potential of the use of wasted hydroelectric capacity to produce hydrogen to be used in fuel cells in order to decrease CO2 emissions in Brazil. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(19), 7898–7902. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2009.07.074>
- Posso, F., Sánchez, J., Espinoza, J. L., & Siguencia, J. (2016). Preliminary estimation of electrolytic hydrogen production potential from renewable energies in Ecuador. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(4), 2326–2344. <https://doi.org/10.1016/J.IJHYDENE.2015.11.155>
- Riveros-Godoy, G. A., Cavaliero, C., & Silva, E. (2013). Analysis of electrolytic hydrogen production models and distribution modes for public urban transport: study case in Foz do Iguacu, Brazil. *International Journal of Energy Research*, 37(10), 1142–1150. <https://doi.org/10.1002/ER.2972>
- Staffell, I., Scamman, D., Velazquez Abad, A., Balcombe, P., Dodds, P. E., Ekins, P., Shah, N., & Ward, K. R. (2019). The role of hydrogen and fuel cells in the global energy system. *Energy & Environmental Science*, 12(2), 463–491. <https://doi.org/10.1039/C8EE01157E>
- Thapa, B. S., & Thapa, B. (2020). Green Hydrogen as a Future Multi-disciplinary Research at Kathmandu University. *Journal of Physics: Conference Series*, 1608(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1608/1/012020>
- Yue, M., Lambert, H., Pahon, E., Roche, R., Jemei, S., & Hissel, D. (2021). Hydrogen energy systems: A critical review of technologies, applications, trends and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 146, 111180. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111180>