

¿BATERÍAS DE HIDRÓGENO VS PB-AC? COMPARATIVA DE BATERÍAS HIDRÓGENO VS PB-AC EN EL ÁREA LOGÍSTICA: HACIA UNA ECONOMÍA SOSTENIBLE CON HIDRÓGENO

HYDROGEN BATTERIES VS LEAD-ACID BATTERIES: COMPARISON IN THE LOGISTICS SECTOR TOWARDS A SUSTAINABLE HYDROGEN ECONOMY

Gullifa, Silvio¹

Perez, Claudio²

Corino, Leonardo³

Gullifa, S., Perez, C., Corino, L. (2024). ¿Baterías de hidrógeno vs. PB-AC? Comparativa de baterías hidrógeno vs. PB-AC en el área logística: hacia una economía sostenible con hidrógeno. *Revista INNOVA, Revista argentina de Ciencia y Tecnología, 13.*

RESUMEN

El presente estudio compara el potencial de las baterías de hidrógeno respecto de las de plomo-ácido en el ámbito logístico. Destacando el potencial del hidrógeno para reducir emisiones y optimizar tiempos de carga en operaciones logísticas. Se evalúan aspectos como eficiencia, vida útil y costos operativos. Se resalta la importancia de considerar los aspectos económicos y ambientales al elegir tecnologías. La transición hacia baterías de hidrógeno implica beneficios en la sustentabilidad y eficiencia logística. Se apunta hacia un futuro donde la energía limpia y renovable sea la norma. El hidrógeno emerge como una herramienta clave en la transición hacia un futuro

¹ Universidad Nacional de Tres de Febrero, Argentina / silviogullifa@yahoo.com.ar

² Universidad Nacional de Tres de Febrero, Argentina

³ Universidad Nacional de Tres de Febrero, Argentina

sostenible. La investigación busca promover la adopción de tecnologías más responsables en la gestión logística. Su implementación puede mejorar significativamente los procesos y reducir el impacto ambiental. En resumen, la elección entre baterías de hidrógeno y plomo-ácido influye en la logística y en la transición hacia una economía más sostenible.

PALABRAS CLAVE

Baterías de hidrógeno, Baterías de plomo-ácido, Eficiencia logística, Sustentabilidad, Impacto ambiental.

ABSTRACT

This study presents a comparative analysis of the potential of hydrogen batteries versus lead-acid batteries within the logistics sector, focusing on hydrogen's ability to reduce emissions and optimize charging times in logistical operations. Key aspects such as efficiency, lifespan, and operational costs are assessed. The study underscores the importance of taking both economic and environmental factors into account when selecting technologies. The transition to hydrogen batteries offers significant advantages in terms of sustainability and logistical efficiency. The research envisions a future where clean and renewable energy becomes the norm, with hydrogen emerging as a pivotal element in the shift toward a sustainable future. This investigation seeks to encourage the adoption of more responsible technologies in logistics management. The implementation of such technologies can lead to substantial improvements in processes while minimizing environmental impact. In conclusion, the choice between hydrogen and lead-acid batteries has a direct influence on logistics and plays a critical role in advancing a more sustainable economy.

KEY WORDS

Hydrogen batteries, Lead-acid batteries, Logistical efficiency, Sustainability, Environmental impact

Introducción

Si amigos míos, creo que algún día se empleará el agua como combustible, que el hidrógeno y el oxígeno de los que está formada, usados por separado o de forma conjunta, proporcionarán una fuente inagotable de luz y calor, de una intensidad de la que carbón no es capaz [...] El agua será el carbón del futuro.

(Julio Verne, *La isla misteriosa*, 1874).

En la constante búsqueda por la excelencia en la parte industrial y en los centros logísticos, nos hemos encontrado con un factor crucial que requiere un análisis detallado en numerosos países a nivel mundial. Es por ello por lo que hemos dirigido nuestra atención hacia las baterías de plomo ácido, las cuales ocupan una posición destacada como las más utilizadas y distribuidas en la actualidad en todo lugar donde existen equipos de transporte eléctrico para uso de fines logísticos o industriales de manejo de *pallet* y/o mercancía

En nuestro compromiso por mejorar la eficiencia operativa, proteger el medio ambiente y elevar la calidad de vida de las personas, hemos emprendido un exhaustivo estudio sobre las implicaciones y oportunidades que estas baterías presentan. La innovación en este ámbito es crucial no solo para optimizar los procesos industriales y logísticos, sino también para mitigar los impactos ambientales y promover un desarrollo sostenible.

Conscientes de la importancia de estas baterías en el contexto actual, nos proponemos explorar nuevas estrategias y tecnologías que permitan maximizar el rendimiento en el sector logístico, minimizando el impacto ambiental. En ese sentido, el objetivo es contribuir de manera activa al avance de prácticas más responsables y eficientes en el uso de la energía, impulsando así un futuro más sostenible para las generaciones venideras.

Objetivo

El objetivo principal de nuestra investigación es comparar y evaluar exhaustivamente las baterías de hidrógeno con las baterías de plomo-ácido en diversos aspectos, incluyendo su eficiencia energética, su impacto ambiental, su vida útil y su idoneidad para aplicaciones industriales y logísticas. Buscando identificar las fortalezas y debilidades de cada tecnología con el fin de tomar decisiones informadas sobre su implementación y promover un uso más sostenible y eficiente de la energía en nuestras operaciones.

Es de destacar que el hidrógeno es el elemento que más abunda en la naturaleza, el cual representa la mayor reserva de energía. El mencionado elemento representa alrededor del 92 % de la materia conocida y es considerado como el origen de todos

los componentes de la materia. El hidrógeno es un gas incoloro, inodoro, insípido y no tóxico, es inflamable y combustible, extremadamente ligero y de fácil reacción con otros tipos de sustancias químicas.

Haciendo un poco de historia el mismo debe su nombre a Lavoisier, quien combinó las palabras *hydro* = 'agua' en griego, y *genen* = 'engendrar'. Hasta entonces se le llamaba "flogisto" (alusivo a inflamable) y era denominado como gas verde, el cual fue descubierto por Henry Cavendish en 1766. La energía del hidrógeno puede ser esgrimida sin necesidad de realizar una alteración en su condición de "estabilidad de vida en la Tierra", desplazando a otras energías actuales como:

- Madera (bosques), que provocó una desertización de bosques y selvas por su explotación.
- Biomasa (cultivos de cereales, residuos vegetales).
- El carbón.
- Recursos fósiles (reservas en pocas zonas de la Tierra).
- Petróleo.

La energía del hidrógeno se define también como la energía del agua, siendo el objetivo del proyecto explorar el potencial de las baterías de hidrógeno como una alternativa viable y respetuosa con el medio ambiente a las tradicionales baterías de plomo-ácido, especialmente en términos de reducción de emisiones y huella de carbono. Nos proponemos investigar las últimas innovaciones en tecnología de baterías de hidrógeno, así como los desafíos y oportunidades asociados con su adopción a gran escala en el ámbito industrial y logístico.

A través de este estudio, aspiramos a contribuir al avance del conocimiento en el campo de las baterías de energía alternativa y a fomentar el desarrollo de soluciones energéticas más sostenibles y eficientes para el futuro en el sector logístico. Destacando que en septiembre de 2008 el Parlamento Europeo aprobó la homologación de los vehículos de hidrógeno. Un factor adicional a tener en cuenta es la contaminación acústica cero, dado que los motores impulsados por hidrógeno no generan ningún tipo de ruido.

Desarrollo o contexto

Las baterías de PB-AC realizan un proceso electroquímico, por medio de reacciones químicas del tipo redox, que oxidan plomo metálico a sulfato de plomo en el ánodo y reducen óxido de plomo a sulfato de plomo en el cátodo, por medio de la utilización de un conductor iónico conocido como electrolito. Mientras la batería se descarga se forma sulfato de plomo en ambos electrodos, cuando se recarga se invierten las reacciones y el sulfato de plomo se transforma nuevamente en plomo y óxido de plomo. El agotamiento de la batería se produce debido a que las placas se contaminan cada vez más con sulfato de plomo durante la descarga. Por tratarse de un producto de

uso masivo, consumido por la población, la industria y las empresas de servicios, tanto los puntos de generación como los actores involucrados son muy diversos. Las baterías de plomo poseen dos sustancias peligrosas: el electrolito ácido y el plomo. El primero es corrosivo, tiene alto contenido de plomo disuelto y en forma de partículas que puede causar quemaduras en la piel y los ojos. El plomo es altamente tóxico tanto para la salud humana como para el ambiente. Por lo que es fundamental el manejo correcto de estos desechos, ya que el mal manejo de las baterías usadas puede dispersar o transportar el plomo de la batería a los distintos factores del ambiente, por esto las mencionadas baterías deben ser colocadas en forma vertical a fin de evitar derrames de ácido. Como se indicó anteriormente, al final de su vida útil la batería contiene la misma cantidad de plomo que el producto nuevo. Por esta razón la batería usada adquiere un valor comercial significativo ya que es posible reciclar el plomo a través de un proceso de fundición. El reciclado de baterías de plomo puede darse de forma informal, en cuyo caso la falta de medidas de seguridad genera contaminación por plomo en el aire y el suelo, afectando fundamentalmente la salud de operador, la de su familia y los vecinos. Por estas razones adversas, se comenzó a estudiar la posibilidad de reemplazarlo por otros elementos químicos menos dañinos para la salud de los humanos y el ambiente. Si bien este tipo de baterías son económicas, y tienen una gran disponibilidad en el mercado por su tecnología altamente conocida, podemos decir que tienen la particularidad de tener una vida útil limitada de 3 a 5 años en promedio en comparación con baterías de otra tecnología; además hay que destacar que las baterías de plomo ácido sufren problemas inherentes en su eficiencia, desperdiciando por lo menos el 15 % de la energía empleada en su carga. La celda de combustible de hidrógeno es una de las posibilidades investigadas, para trabajar como una batería convencional, teniendo en cuenta que el elemento más abundante en la corteza terrestre no es el hidrógeno sino el oxígeno seguido por el silicio, el aluminio, el hierro y el calcio. ¿De dónde podemos obtener el mencionado elemento? Además de encontrarse en el agua y de muchos otros componentes químicos como los ácidos o los alcoholes, el hidrógeno forma parte de toda la materia orgánica (incluidas las personas, que son un 10 % hidrógeno). Podemos encontrar por lo tanto hidrógeno en la biomasa y el biogás que hoy es quemado en forma de carbón, petróleo y gas natural. Esto se gesta rompiendo los enlaces de las moléculas que lo contienen mediante diferentes tecnologías como: a partir de fuentes renovables que no incluyen electricidad, donde el costo y viabilidad a mediano plazo sería rentable. La primera es la gasificación de biomasa, que resultará rentable cuando la biomasa sea abundante y barata, como también de diferentes tratamientos análogos de los llamados "bio" de los hidrocarburos y alcoholes: biodiesel, biogás y bioetanol. La segunda opción es la utilización de energía térmica de alta temperatura, aquí podemos destacar las esperanzas que se vinculan en la industria nuclear y el desarrollo de nuevos reactores de alta temperatura con los que realizar lo que es conocido como hidrólisis térmica. Se pueden mencionar otras formas de obtener hidrógeno más o menos exóticas como puede ser la producción biológica por medio de microorganismos hasta la llamada electrólisis gravitacional, pero hasta la actualidad no se han obtenido resultados rentables.

Entre las variadas formas de las celdas de combustible que existen las de membrana de intercambio de protones (PEM), o también llamadas celdas poliméricas, emergen como la opción más prometedora para las aplicaciones de transporte. Su destacada eficiencia, alta densidad de corriente y relativamente baja temperatura de operación las hacen altamente deseables en este campo.

Las celdas de combustible de tipo PEM emplean un electrolito constituido por una membrana polimérica que separa la parte del ánodo de la del cátodo en una celda. Su función principal es permitir exclusivamente solo el paso de los iones de hidrógeno (H⁺) a través de ella y ser impermeable al paso de otros agentes como son los gases o impurezas. Cada celda está compuesta básicamente por tres componentes esenciales: el ánodo, el cual porta con la carga positiva; el cátodo con la carga negativa y una membrana electrolítica, encargada de filtrar los iones de hidrógeno e impedir el paso de los gases.

En este contexto, el hidrógeno actúa como combustible, introduciéndose a través de una placa bipolar en el lado del ánodo, y siendo guiado mediante una capa catalizadora, donde tiene lugar la reacción química. La capa difusora, por su parte, está compuesta por un material poroso que asegura una distribución óptima del hidrógeno al entrar en contacto con la superficie del catalizador.

Ante esta tecnología innovadora, surge el interrogante: ¿Puede la tecnología de hidrógeno mejorar tiempos y costos operativos en comparación con las baterías de plomo ácido? Esta pregunta es clave en nuestra búsqueda por identificar solución energética para nuestras necesidades industriales y logísticas.

Entendemos que el vector hidrógeno presenta un gran potencial en el mercado de las baterías para vehículos industriales en empresas y centros logísticos. Su adopción no solo contribuiría a la protección del medio ambiente, reducir costos y tiempos de carga de baterías, mejorando de esta forma la eficiencia operativa.

Tomando las bases de las operaciones en centros logísticos, dónde una variedad de vehículos industriales se emplea para mover mercadería dentro de los diferentes espacios designados para tales tareas, observamos que los vehículos en principio utilizan baterías que tienen un sustento de un electrolito químico. Con un ciclo de una carga eléctrica de 8 horas, seguidos de 8 horas de reposo y 8 horas de equalización, estas baterías están listas para su uso. Sin embargo, la tecnología mencionada puede ser sustituida por baterías de hidrógeno, permitiendo que el operador del equipo móvil recargue en tan solo dos minutos por sí mismo la batería.

La vida útil de una batería de hidrógeno puede variar significativamente según varios factores, incluyendo el diseño específico de la batería, las condiciones de uso, el mantenimiento y la tecnología utilizada. En general, las baterías de hidrógeno están diseñadas para tener una vida útil prolongada en comparación con las baterías tradicionales, como las de plomo-ácido o las de ion de litio.

En aplicaciones industriales y de transporte, se espera que las baterías de hidrógeno tengan una vida útil de varios miles de ciclos de carga y descarga, lo que podría

traducirse en décadas de uso efectivo en condiciones óptimas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la tecnología de las baterías de hidrógeno aún está en desarrollo y mejora continua, por lo que los datos específicos sobre la vida útil pueden variar según el fabricante y la aplicación específica. Por lo tanto, mientras que las baterías de hidrógeno ofrecen una vida útil potencialmente más larga que las baterías tradicionales, la duración exacta puede depender de varios factores y requerir un monitoreo cuidadoso en condiciones reales de uso.

Es imperativo como sociedad buscar y encontrar un reemplazo sustentable de la utilización de baterías de plomo - ácido. Esto nos permitirá reducir significativamente los impactos ambientales asociados, especialmente aquellos relacionados con metales pesados y soluciones ácidas generadas durante su fabricación, manipulación y disposición final. Dada la creciente actividad logística, exacerbada por la pandemia, la cantidad de baterías de plomo - ácido utilizadas ha aumentado considerablemente. Es hora de abrazar alternativas más amigables con el medio ambiente y avanzar hacia una logística más sustentable y eficiente para el sector.

Es de tener en cuenta además en la investigación que el cambio climático y el calentamiento global son fenómenos de preocupación creciente a nivel mundial, el efecto invernadero, causado principalmente por la acumulación de gases como el dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, es uno de los principales impulsores del cambio climático. En este contexto, el hidrógeno emerge como una opción prometedora para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar los impactos ambientales asociados con la energía convencional, se presenta como una alternativa energética atractiva debido a su capacidad de producir energía limpia y sostenible a través de procesos electroquímicos que no generan emisiones de gases contaminantes. En comparación con los combustibles fósiles, el hidrógeno ofrece varias ventajas significativas en términos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero durante todo su ciclo de vida. En primer lugar, la producción de hidrógeno a partir de fuentes de energía renovable, como la energía solar o eólica, elimina o reduce considerablemente las emisiones de CO₂ asociadas con la quema de combustibles fósiles. Además, las tecnologías de almacenamiento y distribución de hidrógeno están en constante desarrollo, lo que permite una mayor eficiencia y una menor huella de carbono en comparación con los combustibles convencionales.

Las baterías de hidrógeno, en particular, representan una solución innovadora para la movilidad sostenible y la generación de energía limpia. Al utilizar células de combustible de membrana de intercambio de protones (PEMFC), estas baterías permiten la generación de electricidad a partir de hidrógeno y oxígeno, con emisiones de agua como único subproducto. Esta tecnología ofrece una alternativa prometedora a los vehículos de combustión interna, reduciendo significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorando la calidad del aire en entornos urbanos.

Conclusión

El vector hidrógeno ha llegado para quedarse en el mercado. Al evaluar las opciones entre baterías de hidrógeno y baterías de plomo – ácido, es crucial considerar la generación del hidrógeno. ¿Se producirá asociado a algún proceso de producción, permitiendo su complementación, se importará en tanques de terceros? Estos aspectos son fundamentales al armar la ecuación de costo – beneficio.

En última instancia, nuestro planeta nos está instando a realizar cambios urgentes hacia la sustentabilidad. Creemos firmemente que las baterías de hidrógeno tienen un gran potencial en ese sentido, ayudando a mitigar el efecto invernadero y reducir las emisiones de gases contaminantes en el sector energético. Su potencial para producir energía limpia a partir de fuentes renovables y su eficiencia en la operación de sistemas de energía y vehículos lo posicionan como una herramienta clave en la transición hacia un futuro más sostenible y resiliente al cambio climático. Además de sus beneficios ambientales, también ofrecen mejoras operativas significativas en términos de eficiencia y rapidez en la prestación de servicios, tanto para los clientes internos como externos del sector logístico estudiado.

En síntesis, la transición hacia las baterías de hidrógeno representa un paso importante hacia un futuro más sustentable y eficiente. Es fundamental aprovechar esta oportunidad para avanzar hacia un mundo donde la energía limpia y renovable sea la política a implementar, no la excepción.

Bibliografía:

Aparicio, F., Arxer, M^a, Azkarate, I., Brey, J., Daza, L., González, A., López, J.L., Miguel, O., Montes, M., Navarro, C.J., Romero, M., Tagle, J.A., Wolf, G., Cabrera, J.A., Azkarate, G. (2006). Hidrógeno y Pilas de Combustible. Estudio de Prospectiva

Rifkin, J. (2002). La economía del hidrógeno. La creación de la red energética mundial y la redistribución del poder en la tierra. Editorial Paidós.

Cenzano, J., Castillo, I. y Madrid Vicente, A. (2020). El hidrógeno y las pilas de combustible como fuente energética: manual técnico. AMV Ediciones.

Rodríguez-Varela, F. (2013). Hidrógeno y la energía del futuro, Editores: Rene A. Dubois, Roberto P. J Perazzo y Walter E. Triaca- Publicado por Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ANCEFN).

Serie Publicaciones Científicas N°1 (2004). Pilas a combustible y tecnología del hidrógeno en la Argentina- Autores: J. Lavorante, H.J. Fasoli, J.I. Franco y A.R. Sanguinetti - Departamento de Investigación y Desarrollo en Energías Renovables (Convenio Escuela Superior Técnica del Ejército – Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa)- Escuela Superior Técnica del Ejército Gral. Manuel N. Savio- Pontificia Universidad Católica Argentina de los Buenos Aires. Revista: “energía para todos”

Hidrógeno y pila de combustible- Elaborada por Haya Comunicación(Agosto 2007).

Hidrógeno Pila de Combustible- Editorial Diaz de Santos - Rogelio González Pérez
(2022)

Fecha de recepción: 6/7/2024

Fecha de aceptación: 24/7/2024