



Descripción de las características de los diferentes tipos de baterías utilizadas en los vehículos eléctricos

Description of the characteristics of the different types of batteries used in electric vehicles

Descrição das características dos diferentes tipos de baterias utilizadas em veículos elétricos

Santiago Stiven Cepeda-Camacho ^I

cepedasanty0@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6836-3420>

Carlos Fabricio Garzón-Muñoz ^{II}

cgarzon2@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8799-0913>

Jairo Edison Guasumba-Maila ^{III}

jguasumba@istte.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0533-0397>

Diego David Oramas-Proaño ^{IV}

doramas@istte.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4103-6571>

Correspondencia: cepedasanty0@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

***Recibido:** 26 de febrero de 2022 ***Aceptado:** 22 de marzo de 2022 * **Publicado:** 01 abril de 2022

- I. Participante Investigador, Estudiante Tecnología Superior en Mecánica Automotriz, Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Quito, Ecuador.
- II. Participante Investigador, Estudiante Tecnología Superior en Mecánica Automotriz, Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Quito, Ecuador.
- III. Magister en Diseño Mecánico, Docente Investigador, Coordinador de Carrera de Mecánica Y Electromecánica Automotriz, Instituto Superior Tecnológico, Quito, Ecuador.
- IV. Analista en sistemas, Licenciado en ciencias de la educación especialidad inglés, Magister en gerencia educativa, Docente investigador, Profesor Investigador de la Carrera de Tecnología en Electromecánica Automotriz. Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Quito, Ecuador.

Resumen

Los vehículos eléctricos prometen ser la tecnología del futuro en cuanto a movilidad mediante equipos motorizados. El componente principal que impulsa a estos vehículos es la batería. En el presente trabajo se busca enumerar las cualidades de los distintos tipos de baterías usados en los vehículos eléctricos, así como el estudio de los factores que caracterizan el funcionamiento de cada una de ellas. Adicionalmente, se detallan algunos factores que influyen en el correcto funcionamiento de las baterías y como se corrige dependiendo del tipo de batería empleada. Se enumeran algunas tecnologías en desarrollo que permiten ser los próximos reyes en cuanto a baterías destinadas a usarse en vehículos eléctricos.

Palabras Clave: batería; ion de litio; vehículo eléctrico; eficiencia; nuevas tecnologías.

Abstract

Electric vehicles promise to be the technology of the future in terms of mobility through motorized equipment. The main component that drives these vehicles is the battery. This paper seeks to list the qualities of the different types of batteries used in electric vehicles, as well as the study of the factors that characterize the operation of each of them. Additionally, some factors that influence the correct functioning of the batteries and how it is corrected depending on the type of battery used are detailed. Some technologies in development that allow to be the next kings in terms of batteries destined to be used in electric vehicles are listed.

Keywords: battery; lithium ion; electric vehicle; efficiency; new technologies.

Resumo

Os veículos elétricos prometem ser a tecnologia do futuro em termos de mobilidade através de equipamentos motorizados. O principal componente que aciona esses veículos é a bateria. Este trabalho busca elencar as qualidades dos diferentes tipos de baterias utilizadas em veículos elétricos, bem como o estudo dos fatores que caracterizam o funcionamento de cada uma delas. Adicionalmente, são detalhados alguns fatores que influenciam o correto funcionamento das baterias e como ele é corrigido dependendo do tipo de bateria utilizada. São listadas algumas tecnologias em desenvolvimento que permitem ser os próximos reis em termos de baterias destinadas ao uso em veículos elétricos.

Palavras-chave: bateria; íão de lítio; veículo elétrico; eficiência; novas tecnologias.

Introducción

A día de hoy, los problemas de contaminación ocasionados por los vehículos de motor de combustión interna parecen tener la misma solución: vehículos eléctricos. El elemento que da potencia y autonomía a un vehículo eléctrico es la batería. Estas baterías, denominadas baterías de tracción han sido objeto de estudio durante muchos años para poder obtener el máximo rendimiento de las mismas y, lo sigue siendo. Numerosos centros de investigación de origen tanto público como privado, han estado invirtiendo tiempo y recursos en nuevas tecnologías que permitan tener baterías cada vez más eficientes y amigables con el medio ambiente, a la vez que sean más seguras, tengan mejores prestaciones y sean más ligeras.

El presente documento tiene como objetivo estudiar las baterías usadas en vehículos eléctricos, desde su estado más fundamental y teniendo en cuenta la parte química, principios de funcionamiento, tipos de baterías usadas actualmente y nuevas líneas de desarrollo.

El presente trabajo está realizado bajo una metodología documental bibliografía que consta de una primera fase de investigación donde se exponen términos como batería, sus componentes, tipos de baterías, entre otros. En la segunda fase se dispone a exponer los resultados de la investigación, se muestran los como los parámetros que caracterizan el funcionamiento de las baterías empleadas en vehículos eléctricos, por último, en la tercera fase se realizará una discusión detallada de los resultados y se determinaran las conclusiones de la investigación.

Metodología

La metodología usada para la realización de este trabajo está basada en las técnicas de documentación bibliográfica. La revisión bibliográfica la etapa de la investigación científica donde se explora la producción de la comunidad académica sobre un tema determinado. Supone un conjunto de actividades encaminadas a localizar documentos relacionados con un tema o un autor concretos, (Universidad de la República Uruguay, 2020). Los resultados de investigación presentados en este artículo se generan en la fase de investigación documental, donde se revisó la literatura parabuscar y analizar diferentes artículos acerca de los vehiculos hibridos, las arquitecturas usadas actualmente y los componentes que lo conforman. La búsqueda de artículos se realizó a través de scholar.google.com para recuperar documentos académicos en idioma español e inglés.

A partir de esa revisión bibliográfica, el investigador va construyendo el marco teórico, documentando antecedentes y elaborando la bibliografía que se incluye al final de un trabajo científico o académico Martin y Lafuente (2017). La presente investigación está orientada a exponer las distintas tecnologías en baterías usadas en los vehículos eléctricos, sus principales características y los factores que inciden en su comportamiento.

Resultados

Baterías

Una batería eléctrica es un dispositivo que consiste en dos o más celdas que pueden convertir la energía química almacenada en electricidad (Hawker Energy Products Inc., 2021). El principio de funcionamiento de las baterías se basa en el proceso de reducción-oxidación, el cual es un proceso químico reversible en el que uno de los componentes pierde electrones y el otro los gana.

Dos de las características fundamentales que determinan el comportamiento, rendimiento y duración de una batería son los elementos químicos escogidos para la reacción química dentro de cada celda, y la electrónica que controla los procesos de carga y descarga (Ver Figura 1)



Figura 1: Batería de ácido-plomo de vehículo convencional.
Fuente: (Zyga, 2021)

Batería en vehículos eléctricos

En los vehículos eléctricos, la batería es el dispositivo encargado de almacenar la energía que posteriormente alimentara el motor eléctrico (Sánchez, 2021). La batería a su vez, es el principal obstáculo para la comercialización masiva de los vehículos eléctricos, ya que se requiere que la

misma sea liviana al mismo tiempo que los tiempos de recarga y la autonomía sean competitivos respecto a los vehículos con motor de combustión interna (Ver Figura 2).



Figura 2. Batería SP45 para HEV.
Fuente: Aguirre y Imbaquingo (2021)

Componentes de la batería

Según Sánchez (2021), la batería se agrupa en 3 niveles: celda, modulo y pack.

- Celda: es la unidad más básica y elemental de la batería, dentro de la misma tienen lugar una serie de reacciones químicas que convierten la energía química en energía eléctrica. Cada celda está compuesta por un ánodo, un cátodo y un electrolito.
- Modulo: es una estructura que contiene un determinado número de celdas, conectadas en serie y/o paralelo, que se insertan en ella con la finalidad de protegerlas contra agentes externos.
- Pack: es el artefacto final que se designa como batería, es la combinación de varios módulos. Este paquete contiene, además, sistemas de protección, de control y de refrigeración.

Formas geométricas de las baterías

Una celda de baterías se comercializa en 3 formas geométricas: cilíndrica, prismática y pouch Sánchez (2021), representadas en la figura 3.

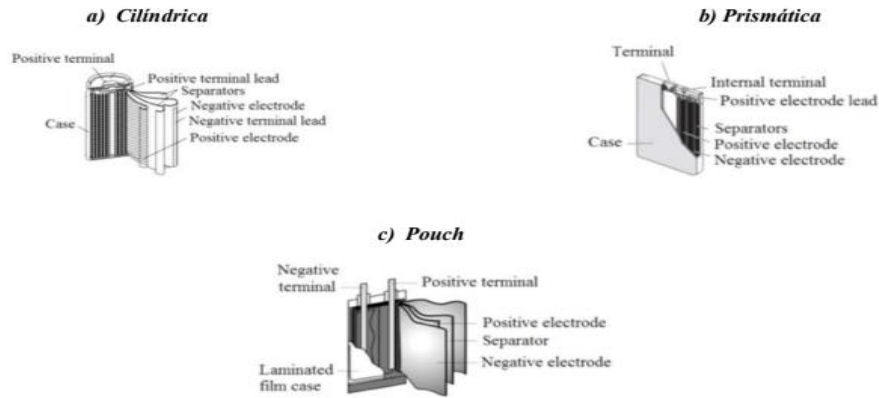


Figura 3. Configuraciones geométricas de una celda.
Fuente: (Sánchez, 2021)

La forma apropiada varía según el uso que se le dé a la batería. Si el objetivo es enfriar, el tipo de celda más adecuado es el prismática, pero existen factores como la disponibilidad, el ciclo de vida o el coste por los que se utilizan las celdas cilíndricas Qian et al. (2016)

Tipos de baterías

Actualmente existen 4 tipos de baterías que son ampliamente usadas en la fabricación de vehículos eléctricos:

Plomo-acido: hasta la actualidad su uso ha sido muy común en la industria por su elevada fiabilidad y bajo coste. Por ello, estas baterías han alcanzado la madurez tecnológica y han predominado en el mercado automovilístico (Sánchez, 2021). A pesar de ello, estas baterías poseen una baja densidad de almacenamiento energético y son pesadas, lo que las excluyen de ser usadas de manera extensa en vehículos cuya única fuente de energía sea la batería. Las baterías tradicionales de plomo ácido están diseñadas específicamente para un desempeño óptimo en las aplicaciones con gran capacidad de potencia o gran cantidad de energía, pero no en los dos (Endemaño, 2016).

Existen 2 categorías de baterías de plomo-acido disponibles en el mercado, las selladas y las inundadas. El funcionamiento de cada una es distinto, así como su mantenimiento. Las baterías selladas estas formadas por AGM (Absorption Glass Mat) o gel lo que implica que, al no evaporarse, no necesitan agua, por lo que son también denominadas baterías libres de mantenimiento. Otro nombre común es VRLA puesto que, aunque está típicamente sellada, si la carga o la descarga es lo suficientemente alta, se acumulará una presión y la válvula permitirá la expulsión controlada de gas (Triana, 2017). Esta batería se asemeja a la inundada en que ambas usan placas estándar. La

estera de vidrio actúa como una esponja que absorbe y contiene el electrolito libre y, al mismo tiempo, proporciona un aislamiento eléctrico entre las placas positiva y negativa de la batería. Estas baterías cuentan con un respiradero que mantiene la presión interna de las mismas, previniendo la expulsión de hidrógeno y oxígeno durante una operación anormal.

Por otro lado, las baterías inundadas permiten que el fluido en forma de hidrógeno y oxígeno escape durante la carga. Estas fugas hacen que sea necesario medir el nivel de agua y, cuando lo requiera rellenarlo, por lo que necesitan mucho más mantenimiento que las baterías selladas (Triana, 2017). Una gran ventaja de estas baterías, es que pueden ser excesivamente cargadas con menos riesgo de daño que las selladas, lo que es aprovechado para recibir una carga excesiva de manera periódica de tal forma que se iguale las celdas de la batería y se obtenga un estado completo de carga base regular (Ver Figura 4)

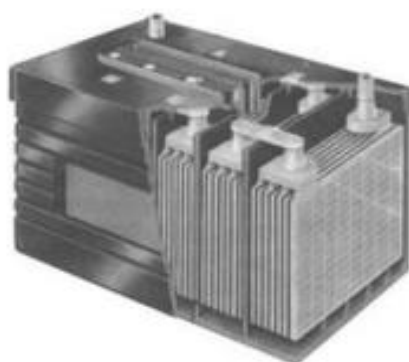


Figura 4 Sección de batería de plomo-ácido.
Fuente: (Martínez, 2017)

Níquel-cadmio: su principal ventaja es la durabilidad. Además, se pueden descargar por completo sin sufrir daño alguno y se pueden reciclar. Sin embargo, su uso en el sector transporte no resulta rentable (Sánchez, 2021). Esto debido a que su densidad de energía es baja, aproximadamente 50Wh/Kg (Peña, 2016). Este tipo de batería surgió como una modificación del acumulador ideado por Edison en 1904, que se compone de níquel-hierro. Estas baterías se componen de una caja contenedora metálica con ventilación forzada por aire y un conjunto de celdas independientes de plástico o acero, que forman los acumuladores individuales.

Admiten sobrecargas y permiten seguir siendo cargadas aun cuando ya no admiten más carga. Cuando están cercanas a finalizar su carga, sufre un aumento súbito de voltaje denominado “delta peak”, el cual es usado por los cargadores para determinar la finalización de carga (Ver Figura 5)



Figura 5. Batería de níquel-cadmio destapada.
Fuente: (Martínez, 2017)

Níquel-MH: estas baterías son de uso muy común en vehículos híbridos y vehículos puramente eléctricos por sus múltiples ventajas: su densidad energética, aunque no tan elevada como la de las baterías ion-litio, tiene un valor aceptable; el número de ciclos de carga y descarga que puede soportar es elevado, siempre que la tasa de descarga de la batería no sea muy alta; puede operar en un rango de temperatura bastante amplio y es inofensiva para el medio ambiente, además de reciclable (Sánchez, 2021). Este tipo de baterías son muy usadas en electrónica portátil, almacenamiento de energía, en vehículos híbridos, eléctricos, y en transporte en general.

Es considerada sucesora del mayor dominador del mercado a lo largo del tiempo, el Níquel-Cadmio. El sistema de baterías de Ni-Cd tuvo un comienzo modesto, pero con los significativos avances de las últimas cuatro décadas, desde 1950 la capacidad específica de las baterías ha mejorado enormemente. Un fuerte crecimiento en el consumo del batería recargable acaecido en el mercado debido al gran aumento de la demanda de ordenadores portátiles, móviles y videocámaras, empujó al desarrollo de los requerimientos de rendimiento de la batería, particularmente la duración de servicio, aún más. Este factor junto con la concienciación medioambiental, han acelerado el desarrollo del sistema alternativo NiMH (Ver Figura 6) (Triana, 2017).



Figura 6. Batería de níquel-MH.
Fuente: (Sánchez, 2021)

Ion de Litio: Las baterías de ion de litio, representan la mejor opción, para alimentar los sistemas eléctricos y electrónicos de los sistemas. Es la tecnología que ha permitido el desarrollo de los vehículos eléctricos, así como también en el campo de almacenamiento de energía renovable. Esto se debe a que poseen una mayor densidad de energía y densidad de potencia que otro tipo de baterías Cueva et al. (2018). Estas baterías brindan una mejor vida útil y no requieren de mantenimiento, además tienen la posibilidad de ser recicladas. Son las baterías más usadas debido a su peso ligero, lenta descarga y tiempo de carga rápido, siendo una de las mejores opciones tecnológicas que existen.

Las baterías de Li-ion es el tercer tipo más comercializado para aplicaciones de EV. Dado que el Litio es el metal con el mayor potencial negativo y el menor peso atómico, las baterías que usan Litio tienen el mayor potencial para alcanzar el avance tecnológico que proporcionará a los EV las mayores características de rendimiento en cuanto a aceleración y autonomía (Triana, 2017). Un aspecto negativo del metal litio, es que es altamente reactivo al aire y con la mayoría de los electrolitos líquidos. Estas baterías tienen una tensión de circuito abierto a carga completa de 4.1V aproximadamente.

Parámetros de caracterización de baterías en vehículos eléctricos

- **Tensión de la batería:** Uno de los parámetros que más caracterizan el comportamiento y cualidades de una batería es la tensión que posea. La tensión de una batería viene dada por el material del que estén fabricados los electrodos (Morente, 2016). Este parámetro es importante controlarlo, especialmente para no rebasar los niveles de V_{max} y V_{min} ya que

esto puede acelerar el deterioro de la batería y dejarla inservible. Las baterías de Li-on poseen circuitos que se encargan de monitorear en todo momento el voltaje de carga, regulándolo de tal manera que nunca rebase los niveles de V_{max} y V_{min} .

- **Corriente máxima.** Cada celda, en función de cómo esté fabricada, es capaz de permitir que circule por ella una corriente de magnitud menor o igual a un determinado valor, denominado corriente máxima, que viene impuesto por el fabricante (Morente, 2016). Si la corriente que circula por la batería excede el valor máximo, los daños que sufrirá pueden ser irreversibles e incluso causar explosión. Para evitar tales riesgos, el circuito de control de la celda, además de limitar la tensión, será capaz de monitorizar la corriente que circule en cada instante y, en caso de llegar a la magnitud máxima, cortará el paso de corriente, paralizando así el funcionamiento de la batería.
- **Capacidad.** Es la capacidad que es capaz de almacenar la batería. Depende de la cantidad de material reactivo que contenga la celda. Representa la cantidad de electricidad que entrará en juego en la reacción de oxidorreducción (Morente, 2016). La misma es medida en Ah, lo que es lo mismo, los amperios que puede suministrar en un lapso de una hora durante el proceso de descarga.
- **Eficiencia de carga o descarga.** Es un parámetro que señala la cantidad de carga que suministra una batería en relación a la carga que ha recibido anteriormente, expresado en porcentaje (Morente, 2016). Idealmente la eficiencia de una batería sería del 100%, pero debido a que existen factores que influyen en la misma como la temperatura, las pérdidas, el tipo de batería y el índice de carga, esta eficiencia varía. Al cargar una batería entre unos valores de SOC (estado de carga) de 20 y 80%, la eficiencia es casi máxima, tal y como se muestra en la figura 7.



Figura 8. Márgenes de trabajo de una batería.
Fuente: (Morente, 2016)

- **Rendimiento.** Relación entre la energía eléctrica que suministra una batería y la que es necesaria para cargarla de nuevo. Viene influenciado por la velocidad a la que sea cargada la batería y el perfil de corriente que sufra en la descarga (Morente, 2016). El rendimiento de una batería jamás será del 100%, ya que depende íntimamente de la eficiencia de carga, las pérdidas en cargas y descarga, o la resistencia interna. Mientras más lentas sean las cargas y descargas, menores serán las pérdidas.
- **Corriente de autodescarga.** Parte de corriente efectiva que se pierde, aunque el dispositivo no esté en funcionamiento (Morente, 2016). Este fenómeno es muy leve, especialmente en las baterías de litio. El mismo se ve acentuado cuando las temperaturas de operación se elevan.
- **Resistencia interna.** Es la resistencia que opone la propia celda como material ante el flujo de corriente (Morente, 2016). Este parámetro puede descomponerse a la vez en dos tipos de resistencias, ohmnica y de polarización. Una mayor resistencia ohmnica provoca una menor tensión en la batería, un menor tiempo de descarga y menor potencia disponible. Su modelado proporciona valores para que al gestionar la batería se haga un mejor uso de las celdas del conjunto, lo que puede llevar a un mayor ciclo de vida. Por otro lado, la resistencia de polarización depende de la polarización química y de la concentración de electrolito.

Factores de degradación de baterías de alto voltaje

Las baterías de alto voltaje pueden sufrir degradación debido a factores internos como externos entre ellos se considera: la temperatura del ambiente, la capacidad, el uso, potencia de carga, resistencia interna, entre otros Aguirre y Imbaquingo (2021)

Pérdida de Capacidad

La pérdida de capacidad de la batería se ve siempre referenciada a un nivel de descarga; este es marcado o establecido por el fabricante puesto que esta pérdida se produce en cada ciclo de carga y descarga como consecuencia de la disminución de la capacidad misma que incide en la autonomía del vehículo.

Aumento de resistencia interna

Este tipo de resistencia se genera cuando existe un incremento en la concentración y cambio de potenciales del electrodo, esto provoca mayores tasas de resistencias durante los ciclos electroquímicos, provoca la oxidación de los electrolitos y la transformación irreversible de litio, lo que causa el deterioro o envejecimiento de la batería del automotor Aguirre y Imbaquingo (2021). La resistencia interna de una batería fluctúa según la temperatura, el estado de carga, su antigüedad y otros factores. La alta resistencia interna puede causar problemas durante la carga. A pesar de que no existe una definición exacta que permita definir el nivel de resistencia interna, se puede obtener con la siguiente expresión:

$$R_B = \frac{V_0 - V}{I}$$

Donde:

RB: Representa la resistencia interna

V0: Representa la Tensión de vacío

V: Representa la tensión de la batería con la carga

I: Representa la intensidad suministrada por la batería

Almacenamiento

Se debe tomar en consideración que todas las baterías sufren un auto descarga de forma gradual durante un determinado tiempo debido al uso o almacenamiento. Lo cual provoca o genera la pérdida de capacidad útil de la batería, ya que se presentan reacciones parasitas dentro de una celda de batería recargable; esta tasa de pérdida es una función de la química de la celda y del ambiente

de temperatura que experimenta la célula Aguirre y Imbaquingo (2021). Cuando se almacenan baterías en condiciones de temperaturas no óptimas y variables aumenta la tasa de auto descarga, lo cual genera cambios químicos en la celda e imposibilita que recupere la capacidad de carga.

Los factores a tomar en cuenta al momento de almacenar una batería son:

- Estado o porcentaje de carga (SoC), el cual es el nivel de carga que tiene la batería en determinado momento. El nivel adecuado para almacenar una batería es de alrededor del 40% de su capacidad total. Tomar en cuenta que una batería almacenada al 100%, a altas temperaturas o por uso excesivo implica mayor degradación Aguirre y Imbaquingo (2021)
- Temperatura a la que está la batería: La temperatura a la que está la batería es relevante dado que para el almacenamiento va a depender mucho del tipo de batería; dado que el calor en exceso durante el proceso de carga o descarga tiene un efecto perjudicial sobre la misma Aguirre y Imbaquingo (2021). La temperatura óptima de almacenaje de las baterías está en el rango de entre 15°C-30°C, ya que fuera de este rango se acelera el proceso de degradación de las celdas y sus propiedades químicas.
- Lapso de almacenamiento: a mayor tiempo almacenado, mayor será la degradación de las mismas.

Profundidad de descarga (DOD)

La profundidad de descarga (DOD) de la batería cada vez que sea mayor generará una reducción o deterioro de la vida útil de la misma, por lo que para mantener una relación exponencial se consideran los ciclos de operación Choi y Lim (2017). Esto quiere decir que cada vez que una batería se lleve a un nivel de carga cada vez más bajo, reducirá su vida útil.

Como afectan las cargas y descargas a las baterías de Litio.

Según la arquitectura de una batería los elementos internos se van apilando de la siguiente manera: Cátodo-Separador-Ánodo-Separador-Cátodo-Separador-Ánodo.

Entre sus láminas se encuentra el electrolito. En las baterías de ion de Litio este electrolito es líquido y en las baterías de polímero de litio suele ser un gel. Al descargarse una batería de Litio, esta se oxida liberando energía eléctrica, el óxido de Litio es menos denso que el litio, por lo cual su volumen es mayor y tiende a separar los componentes laminares de la celda. Esto puede provocar una pérdida de contacto entre las láminas haciendo que el electrolito no esté en contacto con cátodo y ánodo. Además, las expansiones y contracciones físicas del elemento van produciendo

microgrietas y micro-obturaciones en el cátodo y ánodo lo cual hace que paulatinamente según el paso de ciclos la batería vaya perdiendo propiedades.

Como afectan la temperatura a la vida y a las prestaciones en baterías de litio

La resistencia interna en baterías de alta potencia normalmente es igual o inferior a 10mOhms, variando en función de factores como temperatura, tamaño de la celda, presión externa, entre otros, (incluso para una misma celda). Esta resistencia interna como cualquier otra, produce calor cuando es atravesada por una corriente eléctrica, debido al efecto Joule. Por lo que cuantos mayores y más rápida sean las descargas de un elemento, mayor temperatura tomará esta.

Tecnologías en desarrollo

En la actualidad están en vías de desarrollo otras tipologías de baterías con elementos novedosos que pueden ser una gran solución si se llega a desarrollar completamente la tecnología:

- **Baterías de magnesio** Pastor (2016), menciona que se estudia como alternativa a las baterías de litio obteniendo como mayor ventaja el uso de materiales sólidos, sin necesidad de compuestos líquidos o inflamables. Aunque la manipulación del magnesio es algo más compleja que la del litio, se trata de un componente abundante que no genera riesgos de explosión y que tiene dos cargas positivas frente a una única carga positiva del litio, lo que permite almacenar caso el doble de energía en el mismo volumen. El principal obstáculo reside en el electrolito, es decir, el material que transporta la carga entre el ánodo y el cátodo.
- **Baterías de kevlar:** Este proyecto se basa en el desarrollo de membranas a partir de kevlar de un tamaño nanométrico que se encargarían de aislar los electrodos y obligarían a los iones de litio a seguir un circuito adecuado y más eficiente (Morente, 2016). El kevlar es un buen aislante, lo que es una propiedad fundamental para las piezas de separación de los electrodos, evitando así cortocircuitos entre ellos. Además de mejorar la seguridad, debido al pequeño grosor de las capas aislantes puede reducirse drásticamente el tamaño o, lo que es lo mismo, almacenar mucha más energía en el mismo volumen.

Discusión y conclusiones

Al procesar y analizar la información obtenida acerca de las baterías, y de cómo influye cada factor de caracterización en el correcto funcionamiento de cada uno de las variantes usadas en los vehículos eléctricos, se evidencia que a diferencia de lo que se podría pensar, la implementación

de estos vehículos no es tan sencilla como diseñar la batería, emplazarla en el interior y conectarla al motor eléctrico. Para asegurar el correcto funcionamiento de la batería, así como mantener su vida útil, es necesario realizar un control sobre la batería.

Actualmente la tecnología reina en el mercado de las baterías es sin lugar a duda la proveniente del litio, pues es el metal más ligero que existe, su peso atómico es muy bajo, además de poseer un gran potencial químico para crear baterías de gran capacidad con poco peso.

Las tecnologías que actualmente están en desarrollo, como lo son las baterías de kevlar y las baterías de grafeno, prometen competir fuertemente contra las baterías de litio a tal punto que puede superar a esta últimas en autonomía a la vez que se hacen más ligeras, lo que puede denominarse como la batería ideal para el uso en vehículos eléctricos.

Referencias

1. Aguirre, J., & Imbaquingo, C. (2021). *DESARROLLAR EL MODELO MATEMÁTICO PARA EL MANTENIMIENTO Y CAMBIO DE LAS CELDAS DE BATERÍA EV EN VEHÍCULOS BMW PREMIUM DE TIPO G11, G20 Y G05*. Quito.
2. Choi, S., & Lim, H. (2017). Factors that affect cycle-life and possible degradation mechanisms of a Li-ion cell based on LiCoO₂. *Journal of Power Sources*, vol. 111 .
3. Cueva, E., Lucero, J., Guzman, A., Rocha, J., & Espinoza, L. (2018). Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices. *SciELO Analytics* .
4. Endemaño, L. (2016). *Análisis global de los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica*. Trabajo especial de grado de la Universidad de Sevilla.
5. Hawker Energy Products Inc. (15 de Abril de 2021). *What is a battery?* Recuperado el 10 de Febrero de 2022, de <https://web.archive.org/web/20031206183643/http://www.hepi.com/basics/index.htm>
6. Martín, S., & Lafuente. (2017). Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos. *Investigación bibliotecológica*, 31(71) , 151-180.
7. Martínez, J. (2017). *Sistemas eléctricos y electrónicos de las aeronaves*. Madrid: Ediciones Thomson-Paraninfo.
8. Morente, C. (2016). *Análisis y modelado del comportamiento de baterías para vehículos eléctricos*. Leganés: Trabajo especial de grado de la Universidad Carlos III de Madrid.

9. Pastor, J. (2016). *Adiós litio, hola magnesio: En Toyota creen que ese es el future de las baterías*. Recuperado el 10 de Febrero de 2022, de <https://www.xataka.com/investigacion/adios-litio-hola-magnesio-en-toyota-creen-que-ese-es-el-futuro-de-las-baterias>
10. Pastor, J. (2016). *Adiós litio, hola magnesio: En Toyota creen que ese es el future de las baterías*. Obtenido de <https://www.xataka.com/investigacion/adios-litio-hola-magnesio-en-toyota-creen-que-ese-es-el-futuro-de-las-baterias>
11. PEM der RWTH Aachen. (2018). BATTERY MODULE AND PACK ASSEMBLY PROCESS. *RWTH Aachen University* .
12. Peña, C. (2016). *ESTUDIO DE BATERÍAS PARA VEHÍCULOS*. Trabajo especial de grado de la Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Tecnología Electrónica.
13. Qian, W., Bin, J., Bo, L., & Yuying, Y. (2016). A critical review of thermal management models and solutions of lithium-ion batteries for the development of pure electric vehicles in “Renewable and Sustainable Energy Reviews”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 64 , 106-128.
14. Ramos, J. (2018). *El grafeno apunta a revolucionar el coche eléctrico*. Obtenido de <https://www.renault.es/gama-renault/gama-vehiculos-electricos/site-vehiculos-electricos/grafeno-bateria-coche-electrico/>
15. Sánchez, J. (2021). *Modelado de sistemas de gestión térmica en baterías para vehículos híbridos mediante el uso de nanofluidos*. Valencia, España: Trabajo especial de grado de la Universitat Politècnica de València.
16. Triana, E. (2017). *Baterías de tracción para vehículos eléctricos*. Valladolid: Trabajo especial de grado de la Universidad de Valladolid.
17. Universidad de la República Uruguay. (14 de Diciembre de 2020). *Etapas de la investigación bibliográfica*. Recuperado el 10 de Febrero de 2022, de <https://www.fenf.edu.uy/wp-content/uploads/2020/12/14dediciembrede2020Etapasde-la-investigacionbibliografica-1.pdf>
18. Zyga, L. (2021). *Car batteries powered by relativity*. Obtenido de Phys.org: <https://phys.org/news/2011-01-car-batteries-powered-relativity.html>