



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i2.2674>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Revisión

Estimación de la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos causas y consecuencias

Estimation of the useful life of the batteries of hybrid vehicles causes and consequences

Estimativa da vida útil das baterias de veículos híbridos causas e consequências

Marco Antonio Pérez-Sepa^I
marantonip@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8449-2644>

Andrés Vinicio Angueta-Ponce^{II}
andres26871@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1008-571X>

Jairo Edison Guasumba-Maila^{III}
jguasumba@istte.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-0533-0397>

Calero Torres Diego-Andres^{IV}
acalero@istte.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4754-4251>

Correspondencia: marantonip@gmail.com

***Recibido:** 10 de marzo del 2022 ***Aceptado:** 31 de marzo de 2022 *** Publicado:** 07 de abril de 2022

- I. Participante Investigador, Estudiante Tecnología Superior en Electromecánica Automotriz. Instituto Superior Tecnológico Tecno ecuatoriano, Quito, Ecuador.
- II. Participante Investigador, Estudiante Tecnología Superior en Mecánica Automotriz. Instituto Superior Tecnológico Tecno ecuatoriano, Quito, Ecuador.
- III. Magister en Diseño Mecánico, Docente Investigador, Coordinador de Carrera de Mecánica Y Electromecánica Automotriz, Instituto Superior Tecnológico Tecno ecuatoriano, Quito, Ecuador.
- IV. Diplomado en Autotrónica Automotriz, Profesor Investigador de la Carrera de Tecnología en Electromecánica Automotriz, Instituto Superior Tecnológico Tecno ecuatoriano., Quito, Ecuador.

Resumen

Durante los últimos años, la industria automotriz ha invertido tiempo y dinero en reducir el impacto ambiental de los vehículos de combustible fósil haciendo que los motores de combustión interna sean más eficientes, y en los últimos años han electrificado el tren impulsor de los mismos, naciendo así los vehículos híbridos. En el presente trabajo se busca enumerar las cualidades de los vehículos híbridos en sus distintas arquitecturas, así como el estudio a profundidad de las baterías empleadas en los mismos. Basado en una metodología documental bibliografía. Se enumerar cuáles son los factores típicos que afectan en la vida útil de las baterías y los valores recomendados para una duración optima de las mismas, encontrando que se evidencio que la Tensión y Temperatura se relacionan de manera inversamente proporcional, es decir, a menor Tensión mayor Temperatura, asimismo, se nota que la Corriente y la Tensión se relacionan de la misma manera, esto es, a mayor Corriente, menor Tensión y por ende mayor desgaste. Por otro lado, la Corriente se relaciona de manera directamente proporcional con la variable Temperatura, dicho en otras palabras, a mayor Corriente mayor Temperatura y mayor desgaste.

Palabras Clave: vehículo híbrido; batería; ion de litio; temperatura; vida útil.

Abstract

In recent years, the automotive industry has invested time and money in reducing the environmental impact of fossil fuel vehicles by making internal combustion engines more efficient, and in recent years they have electrified their drive train, giving rise to thus hybrid vehicles. In the present work we seek to list the qualities of hybrid vehicles in their different architectures, as well as the in-depth study of the batteries used in them. Based on a documentary bibliography methodology. The typical factors that affect the useful life of the batteries and the recommended values for an optimal duration of the same will be listed, finding that it was evidenced that the Voltage and Temperature are related in an inversely proportional way, that is, at lower Voltage higher Temperature, likewise, it is noted that the Current and the Voltage are related in the same way, that is, the higher the Current, the lower the Voltage and therefore the greater the wear. On the other hand, the Current is directly proportionally related to the Temperature variable, in other words, the higher the Current, the higher the Temperature and the greater the wear.

Keywords: hybrid vehicle; battery; lithium ion; temperature; useful life.

Resumo

Nos últimos anos, a indústria automotiva tem investido tempo e dinheiro na redução do impacto ambiental dos veículos movidos a combustíveis fósseis, tornando os motores de combustão interna mais eficientes e, nos últimos anos, eletrificou seu trem de força, dando origem aos veículos híbridos. No presente trabalho, buscamos elencar as qualidades dos veículos híbridos em suas diferentes arquiteturas, bem como o estudo aprofundado das baterias utilizadas neles. Baseado em uma metodologia de bibliografia documental. Serão listados os fatores típicos que afetam a vida útil das baterias e os valores recomendados para uma duração ótima das mesmas, constatando que ficou evidenciado que a Tensão e a Temperatura estão relacionadas de forma inversamente proporcional, ou seja, em menor Tensão maior Temperatura, da mesma forma, nota-se que a Corrente e a Tensão estão relacionadas da mesma forma, ou seja, quanto maior a Corrente, menor a Tensão e, portanto, maior o desgaste. Por outro lado, a Corrente está diretamente relacionada à variável Temperatura, ou seja, quanto maior a Corrente, maior a Temperatura e maior o desgaste.

Palavras-chave: veículo híbrido; bateria; íão de lítio; temperatura; vida util.

Introducción

Una de las mayores preocupaciones en la industria automotriz, es la contaminación provocada por los motores de combustión interna utilizados para la propulsión de los automóviles y de los efectos que esta contaminación ocasiona al ambiente. Frente a esta problemática, tanto el sector privado como público ha invertido tiempo y dinero en investigaciones para aumentar la eficiencia de los motores de combustión interna, pasando por la electrificación del tren de potencia, obteniendo de esta manera vehículos híbridos.

Este tipo de automóviles combinan la energía química, proveniente del combustible fósil, y la energía eléctrica, que se almacena en la batería. Su principio de funcionamiento hace patente la importancia de alcanzar un sistema de almacenamiento con gran capacidad, gran autonomía y rapidez de recarga como características indispensables.

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 estas y, lo sigue siendo. Muchos investigadores y universidades centran

sus esfuerzos en desarrollar nuevas tecnologías para las baterías que permitan mayor seguridad, mejores prestaciones, tamaños más reducidos, entre otros.

El presente trabajo está realizado bajo una metodología documental bibliografía que consta de una primera fase de investigación donde se exponen términos como vehículo híbrido, componentes de los vehículos híbridos, se analizan las características de cada arquitectura de vehículo híbrido, así como un análisis profundo de las baterías empleadas en este tipo de vehículos. En la segunda fase se dispone a exponer los resultados de la investigación, se muestran los datos obtenidos de la ejecución de un análisis de datos mediante método matemático para la evaluación de los factores que impactan en la vida útil de las baterías de ion de litio empleadas en los vehículos híbridos, 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 constituye una etapa esencial en el desarrollo de un trabajo científico y académico, implica consultar distintas fuentes de información (catálogos, bases de datos, buscadores, repositorios, etc.) y recuperar documentos en distintos formatos Martin y Lafuente (2017). 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.compara 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 híbridos, así como los factores que influyen en la degradación de estas y, por ende, en su vida útil.

Resultados

Vehículos híbridos

La palabra híbrido (en mecánica) se refiere a un motor y, por extensión, a un vehículo que puede funcionar tanto con combustible como con electricidad (Real Academia Española, (RAE), 2022). Por tanto, se puede entender que en esta definición entran todos aquellos vehículos que funcionan mediante la aplicación de cualquiera de los tipos de energía nombradas.

Se conoce como vehículo híbrido aquel medio de transporte que incorpora un sistema de propulsión mixto, es decir de una combinación de un motor de combustión interna y uno o varios motores eléctricos que produce el movimiento Ortega y Peralta (2020). Los vehículos híbridos suelen tener mejor eficiencia energética frente a los convencionales de combustión interna, esto debido al uso de un motor más pequeño y la aplicación de sistemas de recuperación de energía. Esto conlleva a beneficios económicos y ambientales como sucesión de un menor consumo energético.

Tipos de vehículos híbridos

Según su arquitectura de propulsión, los vehículos híbridos se clasifican de la siguiente manera:

- Arquitectura en paralelo: su sistema de tracción combina la actuación del motor eléctrico y la del motor a combustión (Sánchez, 2021). Esta combinación puede ser individual o de manera conjunta, ya que ambos motores están conectados mecánicamente a las ruedas. Cuenta con un tanque de combustible para alimentar al motor de gasolina y, a su vez, tiene un set de baterías para alimentar al motor eléctrico. En la figura 1 se muestra la configuración típica simplificada en paralelo.
- Arquitectura en serie: En esta configuración el motor a gasolina mueve un generador, el cual carga las baterías o alimenta al motor eléctrico que maneja la transmisión del vehículo. En este caso el motor a gasolina no mueve directamente al automóvil (Martínez, 2010). A pesar de que esta configuración cuenta con los mismos elementos que la configuración paralela, solo el motor eléctrico es quien impulsa al vehículo en este caso, ya que el motor a combustión no posee conexión mecánica a las ruedas. La única función que tiene el motor a combustión es la de generar energía para recargar las baterías. Solo la electricidad de las baterías son las que ejercen movimiento sobre las ruedas. En la figura 2, se muestra el esquema de esta arquitectura.
- Arquitectura serie-paralelo: El objetivo de combinar ambas arquitecturas es que, en función de la necesidad, el sistema de propulsión actúe como un sistema en paralelo o en serie. Es una

Estimación de la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos causas y consecuencias

arquitectura de elevada complejidad. En la figura 3 se observa una representación simplificada de esta arquitectura.

- Arquitectura compleja: Esta categoría engloba todas aquellas configuraciones que tratan de operar el motor eléctrico como motor o como generador, según la situación. Son estructuras más complejas que la arquitectura en serie-paralelo (Sánchez, 2021).

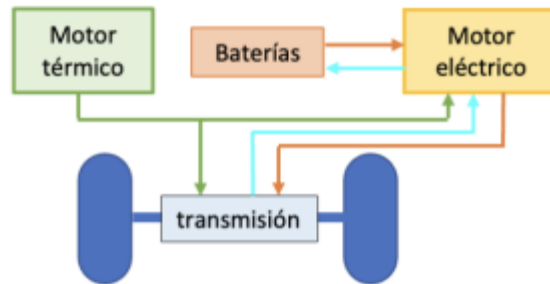


Figura 1. Arquitectura en paralelo.
Fuente: (Sánchez, 2021)

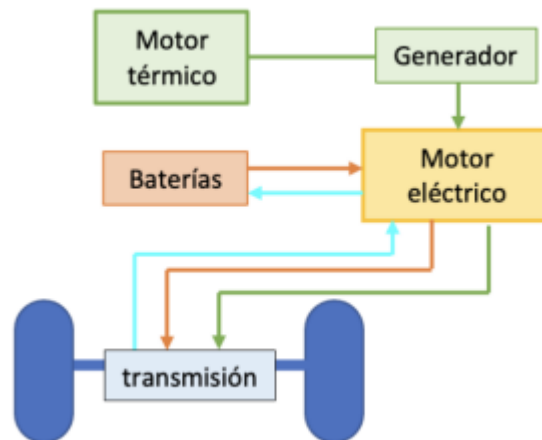


Figura 2. Arquitectura en serie.
Fuente: (Sánchez, 2021)

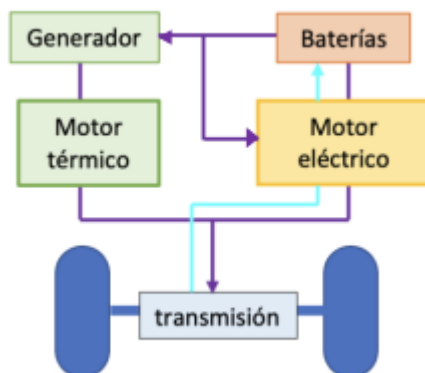


Figura 3. Arquitectura serie-paralelo.
Fuente: (Sánchez, 2021)

Componentes de un vehículo híbrido

El sistema de propulsión de un vehículo híbrido está formado por dos bloques, bloque térmico y bloque eléctrico.

En el bloque térmico se tiene como principal componente es un motor de encendido provocado (MEP) de pequeña cilindrada (Sánchez, 2021).

Por su parte, el bloque eléctrico consta de un motor eléctrico que tiene dos formas de funcionamiento: como motor, transforma la energía eléctrica que recibe de la batería en energía mecánica y como generador, transforma la energía mecánica recuperada durante la frenada regenerativa en energía eléctrica, que aporta a las baterías. Existen muchos tipos de motores eléctricos, pero normalmente la industria automovilística elige el Motor Síncrono de Imanes Permanentes. Este motor se define como aquel cuyos imanes (naturales o artificiales) crean un campo magnético muy fuerte y permiten que el flujo en el entrehierro sea alto y que las pérdidas en el cobre sean bajas, pero limitan la temperatura máxima que pueden soportar, ya que se desmagnetizan con temperaturas elevadas (Capellán, 2021). También posee un convertidor de potencia, el cual agrupa un inversor capaz de convertir corriente continua en corriente alterna, y un rectificador que convierte la corriente alterna en continua. Y como componente importante del bloque eléctrico, se tiene a la batería, la cual se encarga de almacenar la energía eléctrica que alimentara el motor eléctrico para generar energía mecánica.

Baterías en vehículos híbridos eléctricos

Aunque el uso de los vehículos híbridos y eléctricos está cada vez más extendido, existen barreras tecnológicas que hasta ahora han impedido su comercialización masiva (Sánchez, 2021).

Estimación de la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos causas y consecuencias

Precisamente la batería es el principal obstáculo, ya que debe contar con poco peso y, a su vez, tener una alta autonomía y cortos tiempos de cara para competir con los vehículos con motor de combustión interna.

Las baterías de los vehículos híbridos poseen 3 niveles de agrupación: celda, modulo y pack. La celda es la unidad más básica y convierte la energía química en energía eléctrica mediante una serie de reacciones químicas que suceden en su interior. Un módulo es un conjunto de celdas agrupadas en serie y/o en paralelo, con el fin de protegerlas de agentes externos. El pack es el aparato final que se designa como batería, es la combinación de varios módulos.

Las celdas eléctricas se comercializan en 3 formas geométricas: cilíndrica, prismática y pouch (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)

Modelo de duración de la batería

El envejecimiento de la batería es causado por múltiples fenómenos relacionados tanto con el ciclo como con la edad del calendario. La degradación de la batería se precipita con el DOD de los ciclos, la temperatura elevada y la exposición a voltaje elevado, entre otros factores (Aguirre & Imbaquingo, 2021). En circunstancias de ciclos intensos, la degradación es causada especialmente por la degradación estructural de la matriz del electrodo y los sitios activos. Se supone que la degradación promovida por el ciclo es proporcional al número de ciclos, N . S:

$$R = a_0 + a_1 t^{1/2} + a_2 N$$

La capacidad de la celda está controlada por la pérdida de Li ciclable o la pérdida de los sitios de los electrodos:

Ecuación 1 Q:

$$Q = \min(Q_{Li}, Q_{sites})$$

Donde:

Ecuación 2 Q_{Li} :

$$Q_{Li} = b_0 + b_1 t^{1/2}$$

Ecuación 3 Q_{sites}

$$Q_{sites} = c_0 + c_1 N$$

Estimación de la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos causas y consecuencias

Estos modelos se ajustan fácilmente a una trayectoria de resistencia o capacidad medida a lo largo del tiempo para una condición específica de almacenaje o ciclo.

Vida útil de las baterías en vehículos híbridos

Aguirre y Imbaquingo (2021) en su trabajo de grado titulado “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”, realiza un análisis mediante la aplicación de un modelo matemático, sobre la expectativa de vida útil de las baterías. Este modelo considera variables como el Nivel de carga (%), Corriente de carga, la Tensión, Temperatura y el Estado de la batería.

En la tabla 1 se encuentra una descripción completa de cada una de las variables incluidas en la investigación.

Tabla 1. Variables involucradas en la investigación

Variable	Tipo de Variable	Descripción
Nivel de carga	Continua	Cantidad de energía almacenada en celdas de alto voltaje
Estado	Dicotómica	Condición del flujo de electrones en la batería, flujo positivo (carga) flujo negativo (descarga)
Corriente de carga	Continua	Flujo de carga eléctrica que recorre celdas de alto voltaje
Tensión de carga	Continua	Presión de fuente de energía, o diferencia de potencial
Temperatura	Continua	Noción de calor medible de trabajo dentro de las celdas de alto voltaje

Fuente: Aguirre y Imbaquingo (2021)

A continuación, en las tablas 2, 3 y 4 se muestran las tablas de correlaciones entre las variables Corriente de carga, Tensión, Temperatura, y el Estado (carga/descarga) para cada uno de los vehículos BMW G11, G2, G05.

Estimación de la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos causas y consecuencias

Tabla 2. *Tabla de correlaciones BMW G11*

G11	Corriente	Tensión	Temp.
Corriente	1		
Tensión	-0,110	1	
Temp.	0,104	-0,183	1

Fuente: Aguirre y Imbaquingo (2021)

Tabla 3. *Tabla de correlaciones BMW G20*

G20	Corriente	Tensión	Temp.
Corriente	1		
Tensión	-0,135	1	
Temp.	0,087	-0,194	1

Fuente: Aguirre y Imbaquingo (2021)

Tabla 4. *Tabla de correlaciones BMW G05*

G05	Corriente	Tensión	Temp.
Corriente	1		
Tensión	-0,103	1	
Temp.	0,098	-0,206	1

Fuente: Aguirre y Imbaquingo (2021)

En estas tablas se puede observar que la Tensión y Temperatura se relacionan de manera inversamente proporcional, es decir, a menor Tensión mayor Temperatura, asimismo, se nota que la Corriente y la Tensión se relacionan de la misma manera, esto es, a mayor Corriente, menor Tensión y por ende mayor desgaste. Por otro lado, la Corriente se relaciona de manera directamente proporcional con la variable Temperatura, dicho en otras palabras, a mayor Corriente mayor Temperatura y mayor desgaste.

Discusión y conclusiones

Al procesar y analizar la información obtenida acerca del funcionamiento de los vehículos híbridos y, más detalladamente, de las baterías empleadas en los mismos, se puede concluir que los factores que más influyen en la vida útil de las mismas son la temperatura, la tensión de carga, profundidad de descarga y la velocidad de carga.

Se evidencio que la Tensión y Temperatura se relacionan de manera inversamente proporcional, es decir, a menor Tensión mayor Temperatura, asimismo, se nota que la Corriente y la Tensión se relacionan de la misma manera, esto es, a mayor Corriente, menor Tensión y por ende mayor desgaste. Por otro lado, la Corriente se relaciona de manera directamente proporcional con la variable Temperatura, dicho en otras palabras, a mayor Corriente mayor Temperatura y mayor desgaste.

El Estado (carga/descarga) impacta significativamente en el desgaste de la batería, ya que al existir una descarga profunda exige energía adicional para lograr una carga deseada por lo que generaría mayor desgaste. Se observa que, a menor Tensión, mayor nivel de carga y por ende ocurrirá un mayor desgaste. Asimismo, en cuanto a la Temperatura se pudo observar que esta tiene una relación directa con el Nivel de carga, es decir, a mayor temperatura mayor nivel de carga y también se podría decir que a niveles mayores de temperatura ocurre mayor desgaste.

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: Trabajo especial de grado de la Universidad Internacional del Ecuador.
2. Capellán, A. (2021). *Diseño de un motor sincro de imanes permanentes para la propulsion de aviones regionales*. Donostia - San Sebastian: Trabajo especial de grado de la Universidad de Navarra.
3. 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 .
4. Cueva, E., Lucero, J., Guzman, A., Rocha, J., & Espinoza, L. (2018). Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices. *SciELO Analytics* .
5. Endemaño, L. (2016). *nálisis global de los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica*.

Estimación de la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos causas y consecuencias

6. Martín, S., & Lafuente. (2017). Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos. *Investigación bibliotecológica*, 31(71) , 151-180.
7. Martínez, J. (2010). *Autos híbridos*. Universidad Católica.
8. Ortega, O., & Peralta, W. (2020). *Desarrollo de un sistema de diagnóstico y recuperación de baterías de alto voltaje de vehículos híbridos*. Cuenca, Ecuador: Trabajo especial de grado de la Universidad Politécnica Salesiana.
9. Peña, C. (2016). *ESTUDIO DE BATERÍAS PARA VEHÍCULOS*.
10. 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 .
11. Real Academia Española, (RAE). (2022). *Definición de Híbrido, da*. Recuperado el 10 de Febrero de 2022, de <https://dle.rae.es/h%C3%ADbrido>
12. 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 Universidad Politécnica de Valencia.