

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v6i11.0084>

AVANCES ACTUALES DE LAS BATERÍAS DE LOS AUTOMÓVILES ELÉCTRICOS

CURRENT ADVANCES IN ELECTRIC CAR BATTERIES

Miranda-Reyes Orlando Vladimir ¹; Ballesteros-López Juan Gabriel ²;
Punina-Poveda Diego Hernán ³; Lescano-Paredes Luis Gabriel ⁴

¹ Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. Ambato, Ecuador.
Correo: omiranda.istt@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1413-1119>

² Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. Ambato, Ecuador.
Correo: jballesteros.istt@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1759-512X>

³ Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. Ambato, Ecuador.
Correo: dpunina.istt@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-5556>

⁴ Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. Ambato, Ecuador.
Correo: llescano.istt@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6595-3035>

Resumen

El mundo siempre está en constantes cambios para dar solución y respuestas a diversos factores, uno de ellos la contaminación del ambiente, el cual es un tema relevante para las naciones. Una de las principales contaminaciones son las ocasionadas por los combustibles fósiles, dando origen entonces al surgimiento de los vehículos eléctricos, con componentes que disminuyan el daño al ambiente. Uno de los componentes de estos vehículos son las baterías, las cuales almacenan y distribuyen la energía a todos los componentes eléctricos de un automóvil. Estas baterías, han ido evolucionando para dar respuestas a los nuevos modelos de automóviles eléctricos, y a la inevitable electrificación que se espera en un futuro. El objetivo de la investigación es describir las baterías más importantes que se encuentra en el mercado y como ha sido su avance en el tiempo. Se trató de una investigación de tipo documental-bibliográfica, ya que la información se obtuvo de la consulta de artículos científicos, tesis, monografías, entre otros documentos. Como resultado se obtuvo que es evidente que el avance de la tecnología, así como de la ciencia, las baterías podrán ser fabricadas y mejoradas, e ir mejorando su rendimiento, vida útil y precio.

Palabras clave: Baterías, automóviles, eléctricos, avances.

Abstract

The world is always in constant change to provide solutions and answers to various factors, one of which is environmental pollution, which is a relevant issue for nations. One of the main pollutions are those caused by fossil fuels, giving rise then to the emergence of electric vehicles, with components that reduce damage to the environment. One of the components of these vehicles are the batteries, which store and distribute energy to all the electrical components of a car. These batteries have been evolving to respond to the new models of electric cars, and to the inevitable electrification that is expected in the future. The objective of the research is to describe the most important batteries found on the market and how their progress has been over time. It was a documentary-bibliographical research, since the information was obtained from the consultation of scientific articles, theses, monographs, among other documents. As a result, it was obtained that it is evident that the advance of technology as well as science, batteries can be manufactured and improved, and improve their performance, useful life and price.

Keywords: Batteries, cars, electric, advances.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 07 de noviembre de 2022.

Fecha de aceptación: 04 de enero de 2023.

Fecha de publicación: 10 de enero de 2023.



1. Introducción

El tema de la contaminación ha sido un contexto que ha preocupado al mundo desde hace ya bastante tiempo, además de la preocupación por la disminución considerable de los combustibles fósiles. La preocupación por cuidar y proteger el ambiente, ha hecho que se busquen soluciones inmediatas para contrarrestar todo aquello que la pueda afectar, a través del uso de la tecnología y la ciencia.

Ramírez y Valdez (2022), afirman que la contaminación ambiental se ha incrementado en los últimos años originada por el aumento del consumo garrafal de combustibles fósiles, así como la deforestación de bosques y tierra, por cuanto el automóvil de combustión interna aumento el problema de la contaminación.

Una de las contaminaciones más relevantes, son las que producen los vehículos automotores que usan combustibles y aceites altamente dañinos para el medio ambiente. En este sentido, Contreras (2022), expone que debido a los efectos negativos por altas concentraciones de CO₂ en la atmosfera, a nivel

mundial se están generando políticas para la reducción de estas emisiones, dado a que gran parte del CO₂ creado por los seres humanos se origina de los medios de transporte de combustión interna, motivo por el cual se hace necesario la utilización de vehículos con mínimas o nulas emisiones, además de ser energéticamente eficaces y el reemplazo de las fuentes para generar energía eléctrica contaminante, son gestiones para lograr la reducción del CO₂.

Todo esto origino que las fábricas de automóviles, como se mencionó anteriormente, con apoyo de la tecnología y la ciencia se plantearan la creación de los vehículos eléctricos, los cuales según Sánchez (2022), son aquellos vehículos que usan motores eléctricos para su impulso, estos pueden ser trenes, camiones, automóviles y hasta bicicletas.

Por otra parte, Andaluz (2022), menciona que los beneficios de un automóvil eléctrico es descartar los combustibles fósiles, el motor no emite ruidos y tiene una mayor eficiencia en cuanto a la propulsión.

La investigación tiene como objetivo revisar los avances que se han

tenido con respecto las baterías de los automóviles eléctricos. Para ello, se definirán términos relacionados al tema como lo son la batería, sus componentes y se realizara una descripción de los tipos de batería y como resultado exponer los avances que se han realizado en cuanto a la fabricación de estas baterías.

2. Materiales y métodos

La investigación se desarrolló usando la metodología de tipo bibliográfica – documental, a través de la consulta de diversos textos relacionados con el tema, como lo son tesis, monografías, artículos científicos, los cuales permitieron obtener la información relacionada a los avances actuales de las baterías de los automóviles eléctricos, aquí plasmada.

La constante preocupación de conseguir mejoras, así como aprovechar los diversos recursos naturales del mundo, han incidido en buscar soluciones para evitar una degradación del ambiente, sacando el mejor provecho de esos recursos que pueden cumplir con un objetivo específico a fin de sustituir los materiales que se han usado desde

hace ya mucho tiempo, los cuales aparte de generar daños al ambiente, también se están convirtiendo en un recurso que se agotara en un periodo determinado, generando de esta forma la necesidad de innovar en otros recursos disponibles y que cumplirían el mismo objetivo.

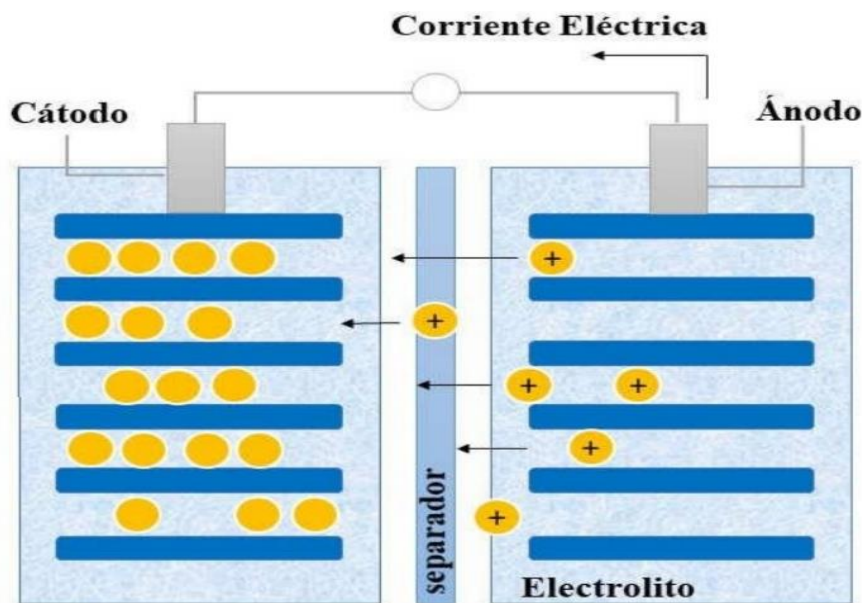
3. Resultados

Uno de los componentes dentro de los vehículos eléctricos son las baterías, estas según lo señala Abrante (2022), son el dispositivo que almacena la energía del vehículo. Donde la unidad mínima es la celda, las cuales están conectadas entre sí, para lograr una mayor tensión y capacidad. Cada celda emite una reacción electroquímica de oxidación, en donde se origina el flujo de electrones entre dos electrodos de diferente signo, inmersos en un electrolito. En el caso de los vehículos eléctricos se usan celdas recargables y el proceso electroquímico se puede efectuar a la inversa, convirtiendo la corriente de entrada en energía que se almacena en la batería.

Asimismo, Topanda (2022), menciona que las baterías están constituidas generalmente por dos o más celdas, que están conectadas en serie o en paralelo. La unidad fundamental de una batería es la celda, ya que convierte la energía

química en energía eléctrica por medio de reacciones electroquímicas. Además están compuestas por cuatro partes elementales: el ánodo, el cátodo, el separador y el electrolito, tal como se muestra en la figura No. 1.

Figura 1. Partes de una batería



Fuente: (Topanda, 2022)

Además menciona que el ánodo soporta una reacción de oxidación en el proceso de descarga y una reacción de reducción en el proceso de carga. Mientras que el cátodo presenta una reacción de reducción en el proceso de descarga y una reacción de oxidación durante el proceso de carga. Cuando se produce la reacción de oxidación se genera una pérdida de electrones y en la reacción de reducción se ganan

electrones, complementándose ambas reacciones.

Vera (2022), menciona que es importante conocer la vida útil y el envejecimiento de las baterías, lo cual se conoce como Estado de Salud (SOH) de la batería, el cual permite conocer el estado en el tiempo de uso, expresado en forma de disipación de potencia o de capacidad. La disipación de capacidad se refiere a la energía que almacena la batería, puede disminuir

por la degradación. La disipación de la potencia, se refiere a la resistencia interna aumentara con el envejecimiento de la batería.

Asimismo señala que los métodos más frecuentes para estimar el Estado de Salud de las baterías son:

- Basia: Toma métodos que están basados en las características y factores físicos, métodos analíticos con la guía de datos (probabilísticos y no probabilísticos), así como otros métodos que se fundamentan en datos en bruto de la gestión de la batería.
- Lipu: A través de este método la estimación del SOH se puede hacer por medio de tres aproximaciones: aproximación directa, adaptativa y una basada en el manejo de datos. Se realiza a través de una aproximación de manipulación de datos con métodos analíticos, probabilísticos y no probabilísticos. Los métodos analíticos, el análisis de capacidad incremental es el que más se usa, puede involucrar un único método o la combinación de varios (análisis basados en características físicas y un

método basado en datos). En cuanto al análisis de capacidad incremental se basa en datos obtenidos en laboratorio, los cuales se toman ciclando la batería con pulsos de corriente, sin poseer algunas condiciones de uso cotidianas. Este método estudia la disminución gradual de la capacidad de las baterías a medida que van envejeciendo. Ayuda también a establecer la degradación según los perfiles de carga y los perfiles de manejo que le den al vehículo, permitiendo observar los cambios en el comportamiento electromecánico de la batería mientras envejece.

También es relevante mencionar las principales características que debe tener una batería, las cuales según Serrano (2022), son:

- Densidad energética: Se enuncia en Wh/kg (Watios-hora por kilogramo), representa el total de energía que puede almacenar en proporción a su peso. Interviene en la autonomía y prestaciones.
- Capacidad: Se expresa con el código 'CX Y Ah'. Siendo CX el tiempo en que se descarga y AH (Amperios hora), corresponde a la

- corriente de esta descarga, generalmente para un voltaje fijo.
- Potencia: Se enuncia en W/kg y se refiere a la potencia que proporciona por cada kilo de peso de la batería.
 - Eficiencia de carga/descarga: Corresponde a la energía que se introduce en la recarga y la que realmente entrega.
 - Ciclos de vida: Con el uso las baterías, pierden capacidad cada vez que se recargan.
 - Velocidad de carga: Se refiere al tiempo que requiere una batería para recuperar la energía.

Tipos de Batería

Baterías de Plomo Acido

Amaguaña (2022), señala que estas baterías están compuestas por dos electrodos, uno positivo y uno negativo, que al momento de conectarse producen un circuito cerrado que hace circular la corriente. Usan un electrolito compuesto por una disolución de ácido sulfúrico con agua destilada. Están constituidas por varios pares de electrodos que se encuentran en secciones independientes, llamadas celdas, que se encuentran sumergidas en la disolución del electrolito lugar en el que se da la reacción. Los electrodos positivos están compuestos por una placa de plomo revestida por óxido de plomo (II) y PbO_2 , mientras que el negativo está cubierto de plomo esponjoso.

Figura 2. Baterías de Plomo Acido



Fuente: (Amaguaña, 2022)

Baterías de Níquel Cadmio

Como lo menciona Cuichan y Chicaiza (2023), estas baterías se

encuentran en la clase de tecnología alcalina y usan hidróxido de potasio como electrolito. Poseen dos polos,

el positivo para el hidróxido de níquel y el negativo para cadmio metálico. Como consecuencia del resultado de la memoria que posee, la capacidad máxima de carga se reduce a lo largo de su vida útil.

Baterías de Níquel Metal Hidruro

Lindao y Intriago (2022), señalan que estas baterías tienen una potencia muy alta, capaz de soportar ciclos de

descarga de hasta 2000 ciclos, tienen mínimo impacto ambiental y ha sido una de las más usadas en vehículos híbridos, en especial lo de marca Toyota. En la figura 3 se observa una celda de esta batería del Toyota Prius C, la cual está constituida por 6 células con un voltaje de 1,2V cada una, para un voltaje nominal de 7,2 V.

Figura 3. Celda de Níquel Metal Hidruro



Fuente: (Lindao y Intriago, 2022)

De igual manera menciona que las ventajas de este tipo de batería son:

- La energía específica se encuentra en el rango alto
- Son muy livianas
- La memoria tiene un efecto muy alto
- Llegan a soportar hasta 2000 ciclos

Dentro de sus desventajas están:

- No soportan temperaturas elevadas
- Los voltajes por celda son muy bajos

Baterías de Litio

Como lo menciona Franquini et al. (2022) estas se crearon en 1970, las cuales tienen una gran densidad de energía, un extenso rango de temperaturas de operación, vida útil larga, y han venido desplazando los

sistemas de baterías. Dentro de las ventajas que tienen las celdas de litio son:

- Tienen un alto voltaje, las celdas pueden tener hasta 4 V tensiones, lo cual dependerá del material del cátodo
- Tienen alta energía específica y densidad de energía
- La energía transmitida es mayor a 200 Wh/Kg y 400 Wh/L.
- Operan en un rango de temperatura entre -40°C a 70°C, pudiendo ser un poco mayor
- Poseen alta densidad de potencia
- Otorgan una gran capacidad de energía en altos niveles de potencia y corriente
- Posee una curva de descarga con voltaje constante y tienen mayor resistencia
- Tienen larga vida útil y si trabajan con temperatura ambiente pueden durar hasta 10 años.

Además menciona que estas baterías se subdividen en:

Batería de Litio / Sulfuro de Hierro

Tienen un alto rendimiento, bajo peso, desarrollan un voltaje muy alto 2.3 V y densidad corriente alta 1

A/cm²., usan electrodos de sal fundido y electrodos porosos sólidos, conforme a la composición de estos las baterías podrán operar en un extenso rango de temperatura. Tienen alta eficiencia, que es la razón entre la carga generada y la carga teórica. Toleran la sobrecarga, tienen corriente continua de carga y se ubica por debajo de la auto descarga baja. Dentro de las desventajas están: necesita un sistema de gestión térmica, para poder mantener la temperatura en un nivel aceptable, por lo que necesita consumo de energía.

Baterías de ion-litio

Según lo expuesto por Navarro (2022) estas baterías se caracterizan por una alta densidad de energía, baja tasa de autodescarga, mínimo peso y mayor vida útil con respecto a otras baterías. Además, menciona que los automóviles eléctricos que están actualmente en el mercado usan baterías con distintas composiciones químicas, sin embargo, en la tabla 1, se mostraran las que presentan litio en su composición, destacando que la cantidad de litio en una batería en comparación a otros materiales que

la componen dependerá de la composición química de la misma.

Tabla 1. Composición de los diferentes tipos de baterías ion-litio

Tipo	Abreviatura	Material del cátodo	Material del ánodo	Arreglo geométrico del mineral
Oxido de litio y cobalto	LCO	LiCoO_2	Grafito	Capas
Oxido de litio y manganeso	LMO	LiMn_2O_4	Grafito	Espinela
Oxido de litio, níquel, manganeso y cobalto	NMC	$\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$	Grafito	Capas
Fosfato de litio y hierro	LFP	LiFePO_4	Grafito	Olivino
Oxido de litio, níquel, cobalto y aluminio	NCA	$\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Al}_z\text{O}_2$	Grafito	Capas
Titanato de litio	LTO	LMO o NMC	$\text{Li}_2\text{TiO}_3/\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$	Espinela

Fuente: (Navarro, 2022)

Por otro lado, Enríquez (2022), asegura que estas son una de las más usadas en vehículos eléctricos, compuestas por iones de litio con electrolito líquido, por lo que son consideradas como la excelente tecnología en baterías recargables.

Por ello se siguen desarrollando estas baterías que puedan tener excelentes características para ser usadas en vehículos de motor eléctrico o e híbridos. En la figura 4 se muestran este tipo de baterías.

Figura 4. Baterías de ion litio



Fuente: (Enríquez, 2022)

Baterías de hierro fosfato con componentes de litio

Valencia y Rey (2022), menciona que estas baterías de hierro litio fosfato (Li Fe Po_4), se crearon

tomando como punto de partida la tecnología Litio-ion introducida al mercado a comienzos del año 2000. Actualmente se usan en los vehículos eléctricos para almacenar

la energía. El fosfato hierro posee una amplia vida útil; 1500 ciclos de carga/descarga, mientras que su densidad es menor entre el 14 y 15% de la densidad de energía del ion litio cobalto. Estas baterías presentan las siguientes ventajas y desventajas mostradas a continuación.

Ventajas:

- Su vida útil es tres veces mayor de las baterías de ion litio cobalto
- Tienen estabilidad térmica
- Su precio es más bajo que las baterías de ion litio cobalto
- Soportan ser utilizadas con elevadas corrientes de descarga
- Desventajas
- Baja densidad de energía en comparación a las baterías de ion litio cobalto
- Su rendimiento a bajas temperaturas es menos a las baterías de ion litio cobalto
- El proceso de desintegración no es accesible al medio ambiente
- Se producen recambios prematuros por el deterioro apresurado de componentes.

Existen diversas opiniones acerca de los tipos de baterías, siendo una de estas la de Carreño (2022), el cual en su investigación menciona que las baterías de plomo-acido son muy

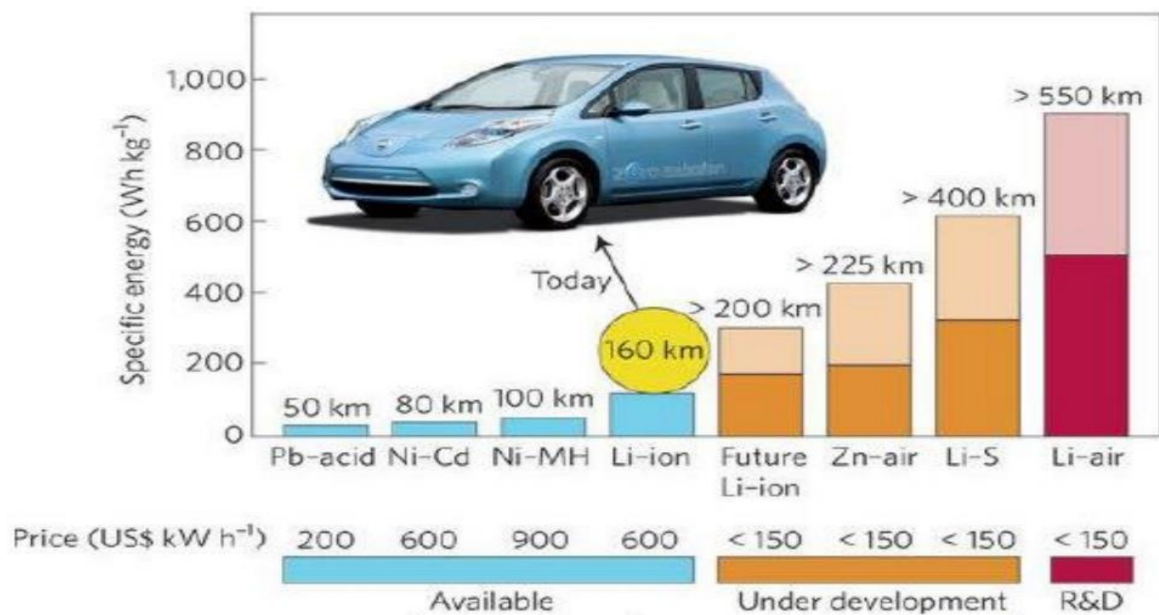
pesadas y tienen baja densidad energética, por lo cual no pueden ser utilizadas como batería principal de un automóvil eléctrico. Mientras que las de níquel-cadmio, se han descartado debido a la alta toxicidad del cadmio. Las de níquel-hidruro metálico, están siendo usadas tanto en automóviles híbridos como eléctricos, presente en el modelo Toyota Prius. Siendo la batería de ion-litio la que se ha posicionado en el automóvil eléctrico en los últimos años.

En este mismo sentido Munguía (2020) afirma que las baterías de litio son muy prácticas y usadas por su liviano peso, además de no tener efecto memoria ni metales tóxicos como el plomo y el mercurio. Asimismo, menciona que los tiempos de recarga promedio de un automóvil eléctrico es de aproximadamente 30 minutos para un 80% de su capacidad nominal, y su vida útil puede estar entre 10 y 12 años, pero luego de agotar esta pueden conservar hasta un 70% de su capacidad original. Sin embargo, los avances tecnológicos, han logrado desarrollar una batería con una capacidad de recarga del 70%, con una capacidad nominal de

almacenamiento de 2 minutos y con una vida útil de 20 años. Esto debido a que las baterías de litio convencionales sustituyeron el grafico por un gel de dióxido de titanio, los cuales minimizan los

tiempos de carga, que pueden alargar aún más su vida útil. En la figura No. 5 se muestra el desarrollo tecnológico e las baterías en la actualidad.

Figura 5. Desarrollo tecnológico de las baterías en la actualidad



Fuente: (Munguía, 2020)

4. Conclusiones

El desarrollo de la investigación, ha permitido conocer como a lo largo del tiempo las baterías han ido evolucionando, adecuándose a las nuevas tecnologías y descubrimientos de la ciencia, en cuanto al uso de nuevos químicos para su fabricación, además de adecuarse a la nueva generación de vehículos eléctricos, que se están

incorporando al parque automotor de muchos países.

Se evidencia, que las mejoras y nuevos prototipos, van superando a las anteriores en cuanto a capacidad, densidad, potencia, eficiencia para la carga y descarga, vida útil y la velocidad con que se cargan, lo cual implica que con el paso del tiempo se tendrán otros tipos de baterías a las descritas en esta investigación, por lo cual será

un tema que debe actualizar la información, según vaya aumentando la innovación en este campo.

Como evidencia de lo mencionado en los párrafos anteriores se señala a Vergara (2022), el cual expone que hoy en día se está desarrollando diferentes prototipos de vehículos eléctricos a batería, EV o BEV, los cuales aprovecharan la energía tomada del sol a través de paneles fotovoltaicos, donde la captación se lleva a cabo con el vehículo en circulación o cuando este estacionado. Uno de estos modelos es el Sono Sion un BEV sin motor térmico, el cual posee células fotovoltaicas distribuidas por toda la superficie de la carrocería que cargan la batería. Este modelo su fase inicial de desarrollo y podría convertirse en el primer automóvil comercial propulsado por 100% de energía renovable. La batería totalmente cargada podría rendir hasta unos 305 Km. Esto confirma que la evolución a nivel tecnológico y de la ciencia, permitirá que este tema de estudio deba ser actualizado en consonancia con las nuevas tendencias.

Bibliografía

- Abrante, A. (2022). Modelado avanzado de un vehículo eléctrico y su batería. Sevilla: Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://idus.us.es/handle/11441/140865>
- Amaguaña, K. J. (2022). Analisis energético para un centro de cargas de autobuses eléctricos en el terminal terrestre norte de la ciudad de Quito. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/34481/1/M-ESPEL-EMT-0148.pdf>
- Analuiza, B. D., García, J. D., Poma, J. P., & Agualongo, W. G. (2023). Una visión multidisciplinaria de la investigación científica^o (1era ed.). Ecuador: Binario. Obtenido de <https://binario.com.ec/wp-content/uploads/2023/01/Libro-Investigacion-CIENTIFICA.pdf>
- Andaluz, M. A. (2022). Despliegue óptimo de estaciones de carga para vehículos eléctricos en redes de distribución usando un modelo heurístico basado en trayectorias. Quito: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22564>
- Carreño, J. (2022). comparativa de motores AC implementados

- sobre un vehículo eléctrico de batería. Trabajo final, Universidad Politécnica de València. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/179228#>
- Contreras, H. A. (2022). Diseño y escalamiento de motor de imanes permanentes interior para aplicaciones en tracción de vehículos eléctricos. Tesis, Universidad de Concepción, Concepción. Obtenido de <http://repositorio.udec.cl/handle/11594/10278>
- Cuichan, A. X., & Chicaiza, W. J. (2023). Implementación de un tren motriz eléctrico brushless para un prototipo ligero de bajo consumo energético tipo monoplaça. Quito: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24310>
- Enríquez, E. P. (2022). elaboración de una propuesta para modificar la norma de revisión técnica vehicular ecuatoriana para la incorporación de inspección de vehículos eléctricos. Trabajo de titulación, Escuela Politecnica Nacional, Quito. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23359>
- Franquini, M., Ghio, F., & Orfila, M. V. (2022). Optimización de la vida útil de las baterías en vehículos eléctricos a partir de su uso. Memoria de Grado, Universidad Católica de Uruguay, Montevideo. Obtenido de <http://liberi.ucu.edu.uy/xmlui/handle/10895/1690>
- Lindao, E. A., & Intriago, H. X. (2022). Desarrollo de una metodología para la nivelación de carga de baterías de Níquel Metal - Hidruro utilizadas en HEV de mayor consumo en el Ecuador. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23650>
- Munguía, O. E. (2020). Evaluación tecno-económica de vehículos eléctricos livianos en comparación con vehículos de combustión interna en San Pedro Sula. Informe proyecto de graduación, Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC. Obtenido de <https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/11412>
- Navarro, J. M. (2022). Opciones de manejo para las baterías de ion-litio de vehículos eléctricos en Costa Rica. Proyecto final, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/14061>
- Ramírez, C. J., & Valdez, K. J. (2022). Automóviles híbridos y eléctricos: su impacto al medio ambiente en la era del

- Covid-19. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22798/1/UPS-GT003819.pdf>
- Sánchez, L. I. (2022). Modelo para la proyección de vehículos eléctricos particulares en el Ecuador y sus requerimientos de demanda, utilizando patrones de crecimiento logístico y simulación de montecarlo. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23435>
- Serrano, A. (2022). Desarrollo e implementación de un procedimiento operativo para el estudio del rendimiento y validación de motores eléctricos en sistemas de propulsión de vehículos eléctricos. Pamplona: Universidad Pública de Navarra. Obtenido de <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/43346>
- Topanda, J. F. (2022). Evaluación de un modelo de degradación de baterías de ion litio para aplicaciones en vehículos eléctricos y microrredes. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9309/1/PI-002143.pdf>
- Valencia, A., & Rey, D. M. (2022). Estudio eléctrico y análisis termográfico de los motores eléctricos y baterías del autobús marca BYD-B13S01 del SITP de la ciudad de Bogotá. Proyecto de grado, Universidad Antonio Nariño, Bogotá. Obtenido de http://repository.uan.edu.co:8080/bitstream/123456789/7256/2/2022_%20ciudad%20de%20Bogot%c3%a1_08-06-22.pdf
- Vera, N. G. (2022). Propuesta metodológica para desarrollo de diagnóstico de baterías en vehículos eléctricos con implementación de datos reales de conducción. Tesis, Universidad de los Andes. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/60641>
- Vergara, J. (2022). diseño, mediante simulación, de un sistema de carga de batería embarcada en un vehículo eléctrico basado en energía fotovoltaica. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Sevilla, Sevilla.