



ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo de integración curricular previa a la obtención
del título de Ingeniería en Mecánica Automotriz**

AUTORES:

Steeven Enrique Ramírez Amaya
Henry José Cevallos Guacollante
John Brando Benítez Guamán


TUTOR:

Ing. Denny Javier Guanuche Larco

Análisis de elementos reciclables entre una batería LiPB (Batería de Polímero de Iones de Litio) y una batería Ni-MH (Níquel-Hidruro Metálico).

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Steeven Enrique Ramírez Amaya, Henry José Cevallos Guacollante y John Brando Benítez Guamán, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.



Steeven Enrique Ramírez Amaya



Henry José Cevallos Guacollante



John Brando Benítez Guamán

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Ing. Denny Javier Guanuche Larco**, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Denny Guanuche', is shown within a square frame.

Ing. Denny Guanuche

DEDICATORIAS

Con gratitud y humildad, dedico este logro a quienes me inspiraron en este camino y a todos aquellos que confiaron en mí cuando yo mismo dudaba. Cada línea escrita lleva un pedacito de su confianza y amor. A Dios, por ser mi guía y fuente de fortaleza en cada paso de este viaje. A mis padres, por su apoyo y amor incondicional, y por creer siempre en mí, ellos han sido mi fuente de fortaleza y motivación. Dedicado también a quienes creen en la búsqueda constante del conocimiento y la excelencia. Este artículo es el resultado de años de esfuerzo y compromiso en mi formación como estudiante de Educación Superior en Ingeniería en Mecánica Automotriz. Esta dedicatoria también es para mis amigos y compañeros que compartieron conmigo risas y desafíos, jóvenes apasionados por la ingeniería automotriz. Que estas páginas reflejen la pasión y el rigor con los que abordé cada desafío, y que sirvan como testimonio de mi dedicación a esta disciplina.

Steeven Enrique Ramírez Amaya.

Dedico este artículo a mi abuelita ya que con su apoyo incondicional y su bendición diaria siempre ha sido mi motivación en los tiempos más difíciles como ella solía decir “ya tienes que acabar el colegio”, a mis padres que gracias a su apoyo y sus enseñanzas me han demostrado que nunca hay que rendirse y luchar por lo que uno quiere y se puede lograr, a mi esposa que es mi compañera y ha estado ahí en este proceso de toda mi carrera.

Henry José Cevallos Guacollante.

Este artículo le dedico a las personas que no creyeron en mí gracias por nada, y a mis padres por haberme forjado con buenos valores muchos de mis logros se los debo a ustedes por haberme formado con reglas y una que otras libertades, pero al fin de cuentas me motivaron a buscar mis sueños y luchar por ellos. Gracias, madre y padre.

John Brando Benítez Guamán

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, quien ha sido el autor de mi vida, es y será la luz de mi destino; a mi madre, mi mayor apoyo inquebrantable e incondicional en tiempos difíciles, y a mis estimados docentes, cuya guía y conocimientos han sido fundamentales en mi formación académica y profesional. Especial agradecimiento a mi tutor, el ingeniero Denny Javier Guanuche Larco, por su inestimable guía y apoyo durante todo el proceso de este trabajo. Su conocimiento y experiencia fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de este proyecto. A mis compañeros de clase, por su colaboración y por los momentos compartidos que enriquecieron esta experiencia educativa. Finalmente, a la academia, a la Universidad Internacional del Ecuador por brindarme las herramientas y el entorno necesario para alcanzar este importante logro en mi carrera académica y profesional. “Gracias a todos/as por ser parte de mi camino”.

Steeven Enrique Ramírez Amaya

Agradezco profundamente a mis profesores y compañeros de la universidad por su apoyo y guía durante este camino académico. A mi familia, por su incondicional amor y motivación, y a todos los que creyeron en mí y me ayudaron a alcanzar este logro. Su influencia y apoyo han sido esenciales para la culminación de esta etapa. ¡Gracias! **Henry José Cevallos Guacollante.**

El agradecimiento de este artículo va dirigido primeramente a Dios, luego a mis padres ya que estuvieron apoyándome para que nada me salga mal y sin su bendición y su amor no hubiera tenido las fuerzas suficientes para lograrlo.

John Brando Benítez Guamán

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DEDICATORIAS	iv
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	1
INTRODUCCIÓN	2
MARCO TEÓRICO.....	5
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
CONCLUSIONES	17
BIBLIOGRAFÍA	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Variables positivistas de las baterías.</i>	8
Tabla 2: <i>Voltajes residuales medidos en las herramientas antes del desarmado (voltios)</i>	10
Tabla 3: <i>Tabla de pesos por tipo de material</i>	14
Tabla 4: <i>Métodos de reciclaje.</i>	15
Tabla 5: <i>Cuadro comparativo de pesos de los elementos encontrados en las baterías</i>	15
Tabla 6: <i>Porcentaje de elementos reciclables y análisis de variables positivistas en el reciclaje de baterías: eficiencia y viabilidad tecnológica</i>	16

Análisis de elementos reciclables entre una batería LiPB (batería de polímero de iones de litio) y batería Ni-MH (níquel-hidruro metálico)

Ing. Denny Guanuche¹, Steeven Ramírez², Henry Cevallos,³ John Benítez⁴

¹*Ingeniería Automotriz – Escuela Politécnica Nacional, deguanuchela@uide.edu.ec*

Quito - Ecuador

²*Ingeniería Automotriz - Universidad Internacional del Ecuador, stramirezam@uide.edu.ec*

Quito - Ecuador

³*Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, hecevallosgu@uide.edu.ec*

Quito - Ecuador

⁴*Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, jobenitezgu@uide.edu.ec*

Quito - Ecuador

RESUMEN

Introducción: El presente trabajo aborda el análisis comparativo de los elementos reciclables contenidos en dos tipos comunes de baterías recargables: las de iones de litio con plomo Li-PB y las de níquel e hidruro metálico Ni-MH, el reciclaje se muestra como una estrategia clave para reducir la presión sobre los recursos naturales, recuperar materiales críticos y menorar la huella ecológica del ciclo de vida de estos dispositivos. **Metodología:** Este estudio tiene de tipo cualitativo teórica, con un enfoque de análisis de causa y efecto, y de tipo de revisión bibliográfica de datos sobre composición de baterías, eficiencia de recuperación de materiales y emisiones de GEI asociadas al reciclaje. **Resultados:** Las baterías Li-PB tienen más litio y cobalto; las Ni-MH contienen más níquel. La eficiencia de reciclaje es mayor para Ni-MH. El reciclaje de Li-PB sigue mejorando, debido a la alta demanda de litio y cobalto, presentando menor impacto ambiental durante su ciclo de vida; se puede reutilizar hasta el 90% de los materiales. **Conclusiones:** En términos ambientales, el reciclaje de baterías Li-PB representa una alternativa más favorable, dado que produce menores emisiones de GEI durante su procesamiento, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático. Por lo tanto, promover una gestión responsable y sostenible del reciclaje de baterías no solo representa un beneficio ambiental directo, sino que también se alinea con los objetivos globales de sostenibilidad y transición energética.

Palabras clave: Reciclaje, gestión, ambiental, materiales, sostenibilidad.

ABSTRACT

Introduction: The study analyzes recyclable elements in Li-PB and Ni-MH batteries, their environmental impact, and contribution to mitigating climate change. **Methodology:** A literature review and data analysis on battery composition, material recovery efficiency, and GHG emissions associated with recycling. **Results:** Li-PB batteries contain more lithium and

cobalt, while Ni-MH batteries have more nickel. The recycling efficiency is higher for Ni-MH batteries. Li-PB battery recycling continues to improve due to high demand for lithium and cobalt, presenting a lower environmental impact during their lifecycle; up to 90% of materials can be reused. Conclusions: Li-PB battery recycling is more prosperous due to lower GHG emissions, making it more sustainable for climate change. Responsible recycling management can reduce environmental impact by up to 90%.

Keywords: Recycling, management, environmental, materials, sustainability.

INTRODUCCIÓN

En este mundo globalizado en donde la evolución es constante, lo que más intranquiliza a la humanidad son los peligros que acarrearán el cambio climático y el calentamiento global, uno de estos desafíos es la gestión adecuada de los residuos electrónicos, en particular de las baterías utilizadas en los vehículos eléctricos e híbridos. Desarrollar baterías sostenibles es la base para que el sistema de almacenamiento de energía sea respetable con el medio ambiente (Amoris, 2025).

Un manejo irresponsable de estas baterías puede tener un negativo impacto ambiental por su inadecuada manipulación o almacenamiento. El análisis de los elementos reciclables, como las celdas de polímero de iones de litio y las baterías de níquel e hidruro metálico, es clave para comprender cómo progresar a un futuro más sostenible y resistente en una perspectiva ambiental.

El reciclaje de baterías es y seguirá siendo un problema de suma importancia si se continúa con el uso sin control de los aparatos electrónicos. Actualmente son muchas las baterías de litio que se desechan y el problema reside en que este tipo de baterías son muy contaminantes, por lo que su reciclaje es difícil. Al respecto, Baño y Corral (2025) recomiendan 4 técnicas de reciclaje en función a la estructura de las baterías utilizadas en los vehículos eléctricos en el Ecuador: 1. Reutilizarlas en aplicaciones de hogar o industriales. 2. Reciclarlas a través de tratamientos químicos. 3. Reciclarlas utilizando tratamientos mecánicos. 4. Reciclarlas directamente.

Este artículo explora el escenario de análisis de elementos reciclables de baterías de LiPB y de Ni-MH, con el fin de informar eficazmente a la sociedad las operaciones y procesos efectivos de innovación en el reciclaje en la transición a una economía sustentable y circulante, además, presenta un análisis detallado de los elementos reciclables, con una descripción amplia y exhaustiva del papel de los elementos reciclables de estas baterías. Según Srinivasan et al. (2025) la eliminación inadecuada de las baterías sostenibles provoca

daños a la salud, al ecosistema y hasta incendios, reutilizarlas y reciclarlas eliminan la problemática, así como la escasez de los materiales y los altos costos de producción.

El estudio pretende crear un interés y una posibilidad para recuperar y reutilizar valiosos materiales que encontramos en las celdas de los acumuladores, debido a que en ocasiones se pierde ese interés. Según, Campoverde et al. (2024) reutilizar las baterías ecológicas enfrenta desafíos tecnológicos, financieros y legales, debido a que no existe infraestructura para reutilizarlas. Las erróneas formas de almacenar y más aún el pésimo manejo de las baterías que son desechadas permanentemente, causan un significativo impacto ambiental a nivel mundial, el reciclaje de baterías de litio y níquel-hidruro está ganando interés y preocupación globalmente por su alto potencial contaminante. Recuperar los componentes valiosos y no valiosos para reutilizarlos o extender su vida útil es esencial para mitigar estos impactos negativos, pues, las baterías de iones de litio son eficientes ya que se pueden recuperar más del 90% de cada celda (Denz y Morales, 2025).

La transición hacia tecnologías más limpias y eficientes también ha resaltado una problemática crucial como es la falta de herramientas adecuadas para el desmontaje y reciclaje de las baterías utilizadas en estos vehículos. Rettenmeir et al. (2024) sostiene que desmontar las baterías de los vehículos eléctricos es crucial, debido a que se reutilizan los componentes y se recuperan los materiales de alta pureza. El no contar con la tecnología de desmontaje no destructiva, semidestructiva y destructiva; y, la falta de apoyo de la tecnología apoyada en la inteligencia artificial es un obstáculo significativo para el manejo responsable de residuos electrónicos y la recuperación eficiente de materiales valiosos, lo que recalca la urgente necesidad de acrecentar en gran porcentaje las herramientas disponibles en la academia para abordar este desafío ambiental y tecnológico. Desarrollar protocolos de seguridad y usar herramientas que prevengan incidentes durante el proceso de derrame de baterías de ion litio garantiza la integridad del personal y del entorno (EPA United States Environmental Protection Agency, 2025).

Esta investigación, analiza los elementos reciclables de las baterías de polímero de iones de litio (LiPB) y de níquel-hidruro metálico (Ni-MH) utilizadas en vehículos eléctricos e híbridos y comprender los métodos de reciclaje al final de su vida útil mediante:

La identificación de procesos actuales de reciclaje de los componentes de las baterías, la recuperación de materiales y la minimización de residuos tóxicos para el medio ambiente, proponer recomendaciones para el reciclaje de baterías LiPB y Ni-MH, con el objetivo de mejorar la seguridad, eficiencia y sostenibilidad del proceso de reciclaje y sugerir el uso de

las herramientas correctas para realizar el desmontaje de las baterías LiPB y Ni-MH, tomando en cuenta normativas de seguridad.

MARCO TEÓRICO

Composición y Funcionamiento de las Baterías Lipb y Ni-Mh

Las baterías LiPB y Ni-MH son ejemplos comunes de tecnologías de almacenamiento de energía utilizadas en dispositivos electrónicos, vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento de energía renovable. La estructura química de las baterías es diferente y afecta las propiedades y los elementos que pueden ser recuperados a través del reciclaje.

Batería LiPB. - Consta de un cátodo, un ánodo y un electrolito, además de un separador que es un recubrimiento poroso y artificial que mantiene las dos partes separadas, para evitar un cortocircuito y el colector, encargado de recoger los electrones liberados por el ánodo.

Batería Ni-MH. - Utiliza una combinación de níquel, hidruros metálicos y otros materiales, aunque también pueden contener algunas proporciones de cobalto, hierro, manganeso y plásticos. Los componentes clave de estas baterías son: un cátodo de óxido de níquel-hidruro metálico, un ánodo de hidruro metálico, un separador y un electrolito alcalino.

Proceso de reciclaje

Para recuperar valiosos materiales y reducir el impacto ambiental asociado con la extracción de materias primas; el reciclaje es crucial (McDonough y Braungart, 2002).

Según la información publicada por de prácticas globales y regionales (2024), el proceso de reciclaje implica las siguientes etapas:

Recolectar y almacenar.- El proceso debe ser el más adecuado ya que la gestión de estos residuos es un aspecto decisivo para evitar riesgos ambientales y de salud.

Desmontaje y trituración.- Las baterías se desmontan para acceder al interior y se trituran en un molino mecánicamente para partir los materiales y materiales en trozos reducidos.

La separación por métodos físicos y químicos.- Se aplica a trozos reducidos a las técnicas de trituración. La recuperación magnética se utiliza para recuperar los metales férricos como el hierro. La flotación posiblemente se aplica para describir los plásticos y los materiales espumosos. La pirometalurgia y la hidrometalurgia son técnicas para recuperar metales valiosos.

Recuperación de materiales.- A los materiales separados se les da diferentes métodos de desintoxicación y procesos de recuperación de polvos, óxidos o compuestos químicos para su posterior utilización en producir nuevas baterías, electrodomésticos y más usos industriales.

Impacto ambiental y beneficios del reciclaje de baterías

Además de solucionar el problema de los desechos sobrantes de tecnología obsoleta, un aspecto importante puede ser la recuperación de productos y materiales valiosos, lo cual es crucial, sobre todo en los casos de materias primas con suministro limitado.

Beneficios ambientales.- Reduce la cantidad de residuos electrónicos, minimiza la extracción de recursos naturales, disminuye la contaminación del suelo y el agua por metales pesados y contribuye a la transición hacia una economía circular y sostenible.

Beneficios económicos.- Genera ingresos a través de la venta de materiales reciclados, fomenta la creación de empleos en la industria del reciclaje, reduce costos de producción al reutilizar materiales y mejora la seguridad en el suministro de materias primas.

Los vehículos eléctricos e híbridos

Vehículo eléctrico.- Es un auto propulsado por electricidad en lugar de combustibles fósiles como la gasolina o el diésel. La energía que impulsa al vehículo proviene de baterías recargables de iones de litio o níquel-hidruro, según la tecnología del automóvil.

Vehículo híbrido.- Combinan la energía de un motor de combustión interna (que utiliza combustibles fósiles) con uno o varios motores eléctricos. El motor de combustión interna propulsa el vehículo a velocidades más altas o cuando las baterías están descargadas.

Los vehículos eléctricos e híbridos en el país.- La introducción de vehículos híbridos ha sido gradual, a pesar de las limitaciones que enfrentan los usuarios al adoptar una tecnología desconocida y los altos costos, especialmente de las baterías para su reposición.

Según el anuario de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (2023), la evolución e introducción de estos vehículos del 2011 al 2023 ha sido discreta. En 2011, se vendieron 1.505 vehículos híbridos, las ventas disminuyeron hasta 2016, cuando hubo una recuperación alcanzando las 1.140 unidades. Desde 2021 hasta el 2023, el crecimiento ha sido sostenible. En 2023, la venta de híbridos alcanzó una participación del 7.8% del total de autos vendidos, lo que indica que los consumidores están comenzando a confiar en esta nueva alternativa, representando el 1.37% de ventas totales de autos en ese año (Aeade, 2023, p. 38).

Tesis o artículos sobre porcentajes de elementos que se pueden reciclar de las baterías

En Ecuador, existen investigaciones y tesis realizadas por estudiantes universitarios sobre el reciclaje de baterías de litio y níquel-hidruro metálico.

- La tesis sobre “Evaluación de un go-kart eléctrico con baterías de ion-litio y níquel-hidruro metálico” (Álvarez, 2020, p. 1) que corresponde a la Universidad del Azuay, aborda el uso de estas baterías en vehículos eléctricos y proporciona información relevante sobre los porcentajes de elementos que se pueden reciclar de estas baterías.
- El proyecto titulado “Reutilización de las Baterías de Tracción de Níquel-Hidreto Metálico (NiMH) en la Generación de Energía Alternativa para un Taller Automotriz.” (Fernández, 2021, p. 1) de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la UIDE, indica que “el estudio se fundamenta en la implementación de las baterías de tracción, inútiles para su aplicación automotriz pero que, en su “Segunda Vida”, tienen alta capacidad energética para un sistema estacionario” (Fernández, 2021, p. 10).

En Colombia la Revista Semana publica artículos sobre reciclaje y expone que la empresa Altero ha desarrollado un proceso innovador para el reciclaje de baterías de litio, logrando recuperar hasta el 99% del litio contenido en las baterías (Semana, 2023).

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología

La investigación se centra en un análisis experimental sistemático de causa y efecto, basado en técnicas ya utilizadas en diversos sistemas de reciclaje de baterías automotrices, con el objetivo de utilizarlas como materias primas en nuevos procesos productivos. Los datos en este estudio se recolectaron mediante la búsqueda y selección de fuentes bibliográficas relevantes y actualizadas, utilizando Google Scholar, revistas científicas, artículos, libros e informes técnicos. La investigación, de enfoque mixto y multidisciplinario, se centró en el análisis de elementos reciclables en baterías Li-PB y Ni-MH, usadas en vehículos eléctricos e híbridos. Se destacó varios aspectos metodológicos como:

El análisis de datos estadísticos y la consulta de manuales técnicos y guías de fabricantes de vehículos de los modelos Kia Soul y Toyota Highlander Híbrido, para entender los procedimientos de desarmado y la composición de las baterías. La revisión de entrevistas a expertos en reciclaje de baterías y especialistas en gestión ambiental, sobre perspectivas prácticas y conocimientos detallados de los desafíos y oportunidades en el reciclaje de baterías.

Al integrar estos enfoques metodológicos, el estudio logró obtener una comprensión integral de los aspectos técnicos, ambientales y socioeconómicos relacionados con el análisis

de elementos reciclables en baterías Li-PB y Ni-MH en el contexto de la movilidad sostenible, proporcionando así una base sólida para generar resultados significativos y conclusiones relevantes en la redacción del informe investigativo.

Materiales

Baterías de iones de litio y baterías de níquel metal hidruro

Las razones para seleccionar a las baterías de LiPB y Ni-MH para esta investigación son la relevancia en la industria automotriz, la prevalencia en el mercado, la reciclabilidad, los desafíos técnicos y el impacto ambiental y económico.

Tabla 1

Variables positivistas de las baterías.

BATERÍAS	LiPB	Ni-MH
Densidad de energía	Alta (Wh/kg)	Media (Wh/kg)
Ciclo de vida	Largo (ciclos de carga)	Medio (ciclos de carga)
Costo de producción	Alto (USD/kWh)	Medio (USD/kWh)
Impacto ambiental	Moderado (reciclaje complejo)	Moderado (reciclaje accesible)
Reciclabilidad	Reciclable	Reciclable
Usos comunes	Vehículos eléctricos	Vehículos híbridos
Capacidad almacenamiento	(1000 mAh - varios miles)	(600 mAh - 3000 mAh)
Eficiencia energética	+ energía en espacio + pequeño	- eficientes, pero + estables
Composición química	Litio, cobalto, grafito	Níquel, hidruros metálicos
Materiales reciclables	Litio, cobalto, cobre, aluminio	Níquel, cobalto, hierro, manganeso

Fuente: Mettler-Toledo International Inc. (2024)

Desde los aspectos de seguridad y sostenibilidad, la inexistencia de cadmio en las baterías de NiMH es un gran avance, siendo este la opción idónea en las flotas de transporte público (Enerlink, 2023).

Herramientas utilizadas

Desarmar una batería de un automóvil híbrido o eléctrico es una tarea delicada, requiere precaución y el uso de herramientas adecuadas “aisladas” para garantizar la seguridad de los operadores y evitar daños en los componentes de la batería.

- ***Herramientas de desmontaje:*** Destornilladores, pinzas punta fina. Llaves para desmontar conexiones o sujetadores. Herramientas de corte para abrir carcasas sin dañar lo interno.

- ***Instrumentos de medición:*** Balanza de precisión para medir la masa de los componentes metálicos. Calibradores para determinar dimensiones precisas de componentes.
- ***Llaves de ajuste:*** Para desmontar y separar los módulos, celdas individuales, ánodos, cátodos entre otros que podrían almacenar energía eléctrica y descargarse al tomar contacto con elementos metálicos.
- ***Herramientas de diagnóstico:*** Instrumentales especiales para desconectar y descargar la batería del sistema eléctrico del vehículo de manera segura y evitar daños en los componentes electrónicos, asegurando la integridad de los operarios.
- ***Herramientas de extracción:*** Pueden ser necesarias las herramientas de extracción para sacar la batería del compartimento o del chasis del automóvil.

Equipos de protección personal necesarios para estos procesos.- Es absolutamente necesario usar equipos de protección personal, debido a los riesgos de exposición a materiales tóxicos, corrosivos e inflamables. Los equipos son:

- Guantes resistentes a químicos de nitrilo, neopreno, o goma butílica.
- Gafas cerradas de seguridad o con protección lateral.
- Respirador o mascarilla (N95, P100) para vapores orgánicos.
- Ropa de protección, bata de laboratorio, mono de trabajo resistente a químicos.
- Protección auditiva, orejeras o tapones (si se usan herramientas eléctricas ruidosas).
- Botas de seguridad con puntera de acero y suela resistente a químicos.

La secuencia del desmontado de una batería de litio con fines de un proceso de reciclaje es un tema de mucho cuidado, se debe mantener una extrema precaución que garantice la seguridad de quienes trabajan en el proceso y la mayor eficiencia en la recuperación de materiales valiosos y no valiosos.

Preparación y seguridad.- Previo al trabajo del desmontaje, es primordial que el operario cuente con el equipo completo de EPP (equipo de protección personal), adecuado para el tipo de trabajo que va a realizar, tomando en cuenta el riesgo asociado con los materiales químicos que se encuentran en el interior de las celdas de la batería y la posible liberación de gases tóxicos. El área de trabajo debe ser un lugar apropiado para desmontar y recibir productos químicos, muy bien ventilada que permita un correcto flujo de aire y designada para la manipulación y manejo de baterías ya utilizadas.

Descarga de la batería.- Si luego de la medición la batería presenta una carga de cero, este paso se lo pudiera pasar por alto, sin embargo, no está por demás asegurar que la batería esté completamente descargada. Si la batería mantiene aún carga, se debe seguir el proceso de descarga facilitado por el fabricante de manera segura, o poseer la información de fábrica para la utilización de la herramienta y equipos de seguridad adecuado que permita la descarga en forma correcta para evitar posibles riesgos de producir corto circuito o sobrecalentamiento.

Tabla 2

Voltajes residuales medidos en las herramientas antes del desarmado (voltios)

Herramienta normal	Herramienta dieléctrica	Herramienta normal	Herramienta dieléctrica
Bajo voltaje (Litio)	Bajo voltaje (Litio)	Bajo voltaje (Níquel)	Bajo voltaje (Níquel)
1,02 V	0,00 V	0,978 V	0,00 V

Fuente: Autores (2024)

Los valores indican las diferencias entre herramientas normales y dieléctricas generando la protección adecuada para los operadores en el momento de manipulación de baterías, esto indica un aislamiento correcto de la herramienta.

Desmontaje físico.- El proceso comienza con el retiro de la carcasa externa utilizando herramientas adecuadas con aislamiento para evitar daños a las celdas internas o derrames de líquidos. Se debe verificar el estado de carga antes de desmontar, ya que el reemplazo puede ser debido a daños internos ocultos. Luego, se separan las celdas de la batería. individualmente, lo cual puede requerir cortar o desmontar conexiones y soportes metálicos.

Una vez liberadas y expuestas las celdas, se realiza una inspección visual para identificar manchas o huellas de derrame de líquidos. La carcasa debe retirarse verticalmente para evitar daños o derrames al desprender las celdas. Es crucial evitar golpes o caídas de las celdas para prevenir perforaciones, roturas o derrames de electrolito que podrían afectar el área de trabajo o causar lesiones a un operario.

Separación de componentes.- Durante la separación de los elementos de la batería, los componentes se clasifican por tipo y material. Se deben separar adecuadamente los diferentes componentes de las celdas, incluidos los electrodos de litio, el litio, el cátodo, el ánodo y el electrolito. Una vez desmontados, los materiales recuperados se clasifican e identifican. Los componentes plásticos, como las cajas de las celdas y los materiales activos

deben manejarse con cuidado para su posterior procesamiento y reciclaje por parte de un gestor autorizado.

Gestión de residuos.- Todos los residuos y materiales no reciclables deben gestionarse y disponerse conforme a las regulaciones locales y nacionales sobre residuos peligrosos.

Generalmente, los municipios se encargan de este manejo, y a menudo utilizan la incineración, aunque no siempre es el método más adecuado.

EMPRESAS O PERSONAS QUE SE ENCARGAN DEL RECICLADO EN ECUADOR

- **BAPU (Baterías Ácido Plomo Usadas):** Corporación que coordina la gestión logística para la recolección y reciclaje de baterías ácido plomo usadas. El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador oficializó el **Acuerdo Ministerial 034**, que establece el instructivo para la aplicación de la responsabilidad extendida del productor (REP) en la gestión integral de baterías. (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2021)
- **Reciclaje en Ecuador:** En el país, se reciclan aproximadamente 90.000 baterías mensuales. Baterías Ecuador controla la aleación de los materiales (Revista lideres, 2017).
- **Reciclaje Ecuatoriano de Baterías S.A. (REBAT):** Recolectan y reciclan baterías usadas de automóviles y en dispositivos electrónicos (Prensa ec., 2024).
- **Geocycle Ecuador:** Subsidiaria de Holcim, especializada en la gestión y reciclaje de residuos industriales, incluyendo baterías (Geocycle, 2023).
- **Tetra Pak Ecuador:** Empresa conocida por su reciclaje de envases, pero también involucrada en la recolección y reciclaje de baterías y otros productos electrónicos. (Tetra Pak, 2024).
- **Empresas de Gestión de Residuos Electrónicos (e-waste):** Grupo de varias empresas que se especializan en la recolección y reciclaje de residuos electrónicos, incluyendo baterías (Recycling, 2024).

El reciclaje de baterías de litio y níquel es crucial para varias industrias.- Es esencial detallar un proceso de reciclaje adecuado para sus componentes. En Ecuador, la falta de instalaciones específicas para este fin podría convertirse en un problema significativo a medio o largo plazo. Las carcasas metálicas están constituidas principalmente de materiales como el acero y el aluminio, es por ello por lo que empresas recicladoras de metales las

requieren en la industria automotriz de igual forma hay empresas que dentro de sus procesos las reutilizan para fabricación de carcasas nuevas o en diferentes componentes.

Plástico de baterías.- La reutilización de los plásticos de las baterías ayuda a reducir su acumulación en el medio ambiente, como en mares, quebradas y ríos. Estos plásticos se pueden clasificar y reutilizar para fabricar nuevos componentes, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental. Para un proceso de reciclaje sostenible, se sugiere el siguiente procedimiento:

1. *Desmontaje completo:* Separar los componentes de acuerdo con su naturaleza (metales, celdas plásticas, circuitos, líquidos, etc.).
2. *Limpieza:* Eliminar cualquier contaminante antes de proceder.
3. *Trituración:* Convertirlos en trozos más pequeños para usarlos como materia prima.
4. *Clasificación por tipo de plástico:* Separar por propiedades y tamaños para reciclaje.
5. *Reprocesamiento:* Utilizar técnicas específicas para cada tipo de plástico, como derretido o extrusión, para convertirlo en materia prima para nuevos productos.

Metales valiosos que se pueden recuperar de las baterías del estudio.- Litio, aluminio, manganeso, cobre, y níquel. Todos ellos se los puede recuperar dentro del proceso de reciclado, unos con mayor porcentaje que otros, pero que al final puede reutilizarse como elementos constitutivos de una nueva batería. El porcentaje aproximado de reciclable químico o físico de las baterías con todos los equipos y herramientas necesarios son:

En las baterías de polímero de iones de litio (LiPB) el reciclaje físico aproximado es de 20% - 30%. El reciclaje químico es de 70% - 80% aproximadamente. En las baterías de níquel-hidruro metálico (Ni-MH) el reciclaje físico aproximadamente 30% - 40%. El reciclaje químico, aproximadamente 60% - 70%.

También se encuentran componentes electrónicos, circuitos electrónicos, así como otros mecanismos que en su interior podrían contener materiales valiosos como metales preciosos, pudiendo ser recuperados durante el proceso de reciclado y reutilizados en la fabricación de nuevos productos electrónicos.

Es crucial seguir un proceso específico de desmontaje y desarme para evitar la contaminación. La manipulación debe ser realizada por personal capacitado con experiencia en el manejo de químicos peligrosos, cumpliendo las normativas y regulaciones locales, nacionales e internacionales para asegurar un proceso de reutilización seguro y ambientalmente responsable.

Cátodo.- El componente más significativo por su mayor peso en una batería es el cátodo.

Los materiales que se encuentran incluyen óxido de cobalto, óxido de níquel, óxido de manganeso y fosfato de hierro y litio. La cantidad de material reciclable en porcentaje puede variar según el tipo de batería y su tecnología, pero generalmente oscila entre el 20% y el 40%.

Ánodo.- El segundo componente en importancia, donde encontramos principalmente el grafito cuyo valor aproximado oscila entre el 10% al 20% del peso total de la batería.

Separador.- Elemento que separa el cátodo del ánodo con la inclusión de una membrana poderosa que previene cortocircuitos en el interior de la batería. Hecho de polímeros de plástico y representan aproximadamente el 1% al 3% del peso total de la batería.

Plástico.- Aporta al peso total de las baterías de litio entre un 10% al 20%, pudiendo variar de acuerdo con las características definidas por su tamaño, capacidad de almacenamiento, rasgos constructivos del auto, autonomía y materiales usados en su construcción.

Otros materiales.- Las baterías contienen materiales de conexión y embalaje que representan una pequeña fracción del peso total de la batería, suman aproximadamente 0.586 lb.

Método y equipos para pesar los componentes reciclables

Antes de pesar los componentes reciclables de las baterías y alcanzar el mayor rendimiento de recuperación de elementos se utilizó el método llamado **Desmantelamiento de baterías de iones de litio gastadas** que no es otra cosa que la **Liberación mecánica** al final de su vida útil **End of Life (EOL)** para exponer todos los constituyentes encapsulados (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2013).

Para el pesaje de los componentes se utilizaron balanzas (Precisur) de plataforma y de precisión, sistemas que realizan mediciones rápidas con precisión entre los 2 y los 50 gramos.

Proceso de desarmado.- Durante el desmontaje, se siguieron las pautas de seguridad en relación con los materiales químicos, asegurando la descarga de las baterías y su posterior despiece general. El desmontaje de las carcasas metálicas expone los componentes internos y los libera de sus cubiertas. Es esencial realizar verificaciones visuales para confirmar que la carga eléctrica esté en cero y que no haya remanentes de voltaje en las celdas. Si se detecta algún remanente, se debe descargar la celda o celdas con carga, garantizando un procedimiento seguro.

Después del desmontaje, se procede a pesar los componentes constitutivos para confirmar que su peso total sea correcto. Los valores obtenidos se validan mediante una tabla de registro de datos, que debe corresponder a las cantidades antes del proceso de reciclado.

Tabla 3

Tabla de pesos por tipo de material

Elementos	Pesos en Kg
Metales	19.6817
Plásticos	24.400
Placas de litio.	98.860
Placas de níquel	47.520
Peso total batería LiPB 122,43 Kg Peso total batería Ni-MH 68.03 Kg	

Fuente: Autores (2024)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del estudio indican que el 90% de los componentes son reciclables. El 10% restante no se puede recuperar completamente, debido a la naturaleza del proceso de recuperación y la falta de herramientas y equipos especializados, especialmente en el caso de elementos como el litio y el níquel. La contaminación genera una pérdida en porcentaje bajo, considerada como desperdicio y eliminada bajo normas estrictas. La pérdida del 10% de litio durante el reciclaje de baterías se debe a diversos factores identificados por diferentes autores. Según Smith et al. (2018), las ineficiencias en los procesos de separación y extracción contribuyen significativamente a la pérdida de litio.

Si se encuentran elementos o componentes contaminados se debe seguir un proceso determinado para asegurar la eliminación antes del reciclaje. Se debería descontaminar mediante limpieza y neutralización con solventes y procesos químicos. En algunos casos, se requiere tratamiento térmico para eliminar residuos peligrosos, y se emplea un procesamiento hidrometalúrgico utilizando ácidos y otros reactivos para recuperar metales valiosos de forma segura.

Tabla 4*Métodos de reciclaje*

Método	Proceso	Ventajas	Desventajas
Mecánico	Desmontaje Trituración Clasificación	Bajo costo inicial Seguridad mejorada Separación eficiente de componentes	Genera polvo y residuos Requiere tratamientos adicionales para pureza
Pirometalúrgico	Fusión, reducción	Alta eficiencia de recuperación Manejo de grandes volúmenes	Alto consumo de energía Emisiones de gases y residuos sólidos
Hidrometalúrgico	Lixiviación, Precipitación, Electrodeposición	Alta pureza de metales recuperados Menor impacto ambiental en emisiones	Uso intensivo de productos químicos Procesos largos y complejos

Fuente: Chen et al. (2019)

Se estima que hasta el 90% de los materiales contenidos en las baterías de iones de litio pueden ser reciclados y reutilizados en la fabricación de nuevas baterías (Peplew, 2023). Por otro lado, el estudio de Johnson (2019) señala que la contaminación de las baterías con otros materiales durante su uso y almacenamiento también impacta en la pérdida de litio durante el reciclaje. La investigación de García y Martínez (2020) resalta que la degradación química de las baterías impacta en la pérdida de litio en el proceso de reciclaje.

En lo que se refiere a los plásticos se puede recuperar y reciclar aproximadamente el 70-80% en las baterías LiPB y entre el 60% - 75% en la Ni-MH. El estudio demuestra que un sistema integral de reciclaje de elementos especiales puede mitigar la demanda mediante la reutilización de componentes, lo cual depende de la capacidad de reciclaje y las unidades en funcionamiento.

Tabla 5*Cuadro comparativo de pesos de los elementos encontrados en las baterías*

Batería LiPB	Peso Kg	Materiales %	Batería Ni-MH	Peso Kg	Materiales %
Litio	98.860	80.74%	Níquel	47.20	69,38
Metal	10.200	8.33%	Metal	9.66	14,20
Plásticos	12.87	10.51%	Plástico	11.00	16,17
Otros materiales	0.5	0.42%	Otros materiales	0.17	0.25
Peso total	122,43Kg	100%	Peso total	68.03Kg	100%

Fuente: Autores (2024)

El cuadro comparativo describe los componentes que integran una batería de LiPB y una de Ni-MH, siendo elementos constitutivos de las mismas y como es su aportación interna en porcentaje, se puede identificar el peso individual del elemento y su peso en el total de la batería.

Tabla 6

Porcentaje de elementos reciclables y análisis de variables positivistas en el reciclaje de baterías: eficiencia y viabilidad tecnológica

Variable	Batería de LiPB (%)	Batería Ni-MH(%)
Eficiencia de recuperación		
- Litio (Li)	80-90	-
- Níquel (Ni)	85-95	85-95
- Cobalto (Co)	90-95	90-95
- Manganeso (Mn)	70-80	70-80
Impacto económico		
- Litio (Li) (\$/ton)	\$7,000 - \$8,000	-
- Níquel (Ni) (\$/ton)	\$16,000 - \$18,000	\$16,000 - \$18,000
- Cobalto (Co) (\$/ton)	\$35,000 - \$40,000	\$35,000 - \$40,000
- Manganeso (Mn) (\$/ton)	\$2,000 - \$2,500	\$2,000 - \$2,500
Variable	Batería LiPB (%)	Batería Ni-MH (%)
Tecnología disponible		
- Eficiencia recuperación	85-95%	85-95%
- Costos de operación	\$1,000 - \$1,500/ton	\$1,000 - \$1,500/ton
Disponibilidad materias primas		
- Crecimiento mercado litio	10-15%	-
- Crecimiento mercado Ni/Co	5-10%	5-10%

Fuente: Peters et al. (2017)

El estudio es relevante porque demuestra que el 100% de los materiales internos son potencialmente reutilizables, aunque algunos no puedan ser reciclados por cuestiones de costos, equipos y herramientas. El porcentaje de reutilización efectivo es del 90%. Los

metales y plásticos que se recuperan a través del reciclaje tienen usos importantes en muchas industrias.

Reciclar litio es crucial para hacer nuevas baterías de iones de litio, lo que disminuye la necesidad de extraer litio nuevo y ayuda a que la producción de baterías sea más sostenible (De prácticas globales y regionales, 2024).

El níquel es muy importante tanto para hacer nuevas baterías como para la industria metalúrgica, donde se usa en la fabricación de aleaciones y otros productos metálicos.

El cobalto reciclado es muy valioso para la industria electrónica e industrial, ya que ayuda a hacer los procesos más eficientes y a reducir los residuos. El manganeso es útil en la producción de aceros y aleaciones, mejorando el uso eficiente de los recursos naturales. El hierro, que se recupera mediante procesos de separación magnética, se reutiliza mucho en la industria metalúrgica, promoviendo la economía circular y la reducción de residuos. Los plásticos que se recuperan pueden ser reprocesados y usados para hacer nuevos productos, cerrando el ciclo de vida de los materiales y minimizando su impacto en el medio ambiente.

Entre los elementos que no pueden ser reciclados están los electrolitos, algunos residuos sólidos contaminados y materiales de conexión que se pierden en el proceso, una gran parte de estos no se los recupera por el costo que implica hacerlo, es por ello por lo que son los elementos menos reciclados de las baterías, pero de igual forma su porcentaje dentro de ellas es muy bajo.

Los resultados también revelaron una discrepancia significativa entre la creciente demanda de herramientas especializadas para el desmontaje de baterías y la disponibilidad limitada de las mismas en la academia y la industria.

A través de la investigación se pretende lograr un soñado diseño de nuevas baterías que sean fáciles de desmontar y reciclar. Adoptar un modelo de economía circular, sostenible y responsable con el medio ambiente con varias mejoras y estrategias para optimizar la recolección, el recicle y la reutilización para cerrar el ciclo de vida de las baterías. La investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de reciclaje que aumenten la eficiencia y reduzcan costos.

Implementar modernos sistemas de monitoreo en tiempo real para mejorar la recolección de baterías al final de su vida útil, la exploración de materiales alternativos y por ende la integración en los sistemas automotrices.

CONCLUSIONES

El reciclaje de baterías es una excelente manera de recuperar materiales importantes y reducir el impacto ambiental que tiene la producción de nuevas baterías y productos

industriales. Se pueden reutilizar casi todas las partes de las dos baterías, con una recuperación efectiva del 90% de sus componentes totales, y un bajo porcentaje de desperdicio del 10%.

La colaboración internacional sería crucial para abordar los desafíos del reciclaje de baterías a nivel global. Establecer alianzas entre países para compartir conocimientos, tecnologías y mejores prácticas puede mejorar la eficiencia del reciclaje, reducir costos y minimizar el impacto ambiental, también es sustancial generar políticas para la eliminación responsable, crear marcos regulatorios claros y la aplicación de leyes pueden garantizar que empresas y consumidores sigan mejores prácticas ambientales, contribuyendo a la sostenibilidad a largo plazo.

El desmontaje de la batería debe realizarse por personal capacitado y con experiencia, siguiendo pautas y procedimientos específicos proporcionados por el fabricante del vehículo para garantizar un desmontaje seguro y efectivo, por lo que es urgente y necesario atender la falencia que tiene la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador de herramientas adecuadas para el desmontaje de éstas baterías, representa un desafío crítico para la academia que debe abordarse de manera urgente y efectiva. Es imperativo que la universidad, la industria y las entidades reguladoras colaboren para desarrollar y promover la adopción de herramientas especializadas que faciliten el reciclaje responsable de baterías.

BIBLIOGRAFÍA

Alcántara, K. (2024) *Reciclaje de baterías de Ion-Li, una necesidad presente y futura*. (40), pp. 84-92.

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://revista.iim.unam.mx/index.php/materialesa_avanzados/article/download/36/38/44&ved=2ahUKEwigmamImLiNAXXeRzABHDrVEgcQFnoECBcQAQ&usg=AOvVaw3UwbpnSCoEa3tMz1cre34V

Aleida, A. (2022). Litio en América Latino. Demanda global contra daño socioambiental.

México: Universidad Autónoma Metropolitana.

<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2018/CD007830.pdf>

Álvarez G., Idrovo Á. (2020). Evaluación de un go-kart eléctrico con baterías de ion-litio y níquel-hidruro metálico. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10136>

Amoris A., (2025). Revolución energética en el transporte. n-p. CBF Publishing.

Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (s.f.) Anuarios.

<https://www.aeade.net/anuario/>

Baño F., Corral K. (2025). Economía circular de baterías de litio para vehículos eléctricos.

FiGEMPA. Investigación y desarrollo. 19(1). 1-12. Doi.

<https://doi.org/10.29166/rev%EF%AC%81g.v19i1.7152>

Bird, R. (2023). New advances in recycling of lithium-ion batteries. [https://www.cas.org/es-](https://www.cas.org/es-es/resources/cas-insights/sustainability/new-advances-recyclinglithium-ion-batteries)

[es/resources/cas-insights/sustainability/new-advances-recyclinglithium-ion-batteries](https://www.cas.org/es-es/resources/cas-insights/sustainability/new-advances-recyclinglithium-ion-batteries)

Cádiz, J. (2022). *Investigación del mercado de reciclaje de baterías de litio*. Universidad de

Chile. [https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/184819/Investigacion-del-](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/184819/Investigacion-del-mercadode-reciclaje-de-baterias-de-litio.pdf?sequence=1)

[mercadode-reciclaje-de-baterias-de-litio.pdf?sequence=1](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/184819/Investigacion-del-mercadode-reciclaje-de-baterias-de-litio.pdf?sequence=1)

Campoverde J., Ochoa D., Villa E., Astudillo P. (2024). Reutilización de baterías de vehículos eléctricos para aplicaciones de segunda vida en sistemas eléctricos de potencia con una alta penetración de energía renovable: una revisión sistemática de la literatura. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología* 31. 95-104. Doi:

<https://doi.org/10.17163/ings.n31.2024.08>

Ct (2024). Perspectivas electrizantes: navegando por el complejo mundo de los electrolitos de

baterías de litio. [https://www.lithiumbatterytech.com/es/electrifying-insights-](https://www.lithiumbatterytech.com/es/electrifying-insights-navigating-the-complex-world-oflithium-battery-electrolytes/)

[navigating-the-complex-world-oflithium-battery-electrolytes/](https://www.lithiumbatterytech.com/es/electrifying-insights-navigating-the-complex-world-oflithium-battery-electrolytes/)

CIC energi gune (2021). Materiales avanzados para energía en baterías.

<https://cicenergigune.com/es/blog/materiales-energeticos-avanzados-baterias>

CIC energi gune (2021). Reciclaje de batería de iones de litio: El camino hacia una transición

energética sostenible. [https://cicenergigune.com/es/blog/reciclaje-baterias-iones-litio-](https://cicenergigune.com/es/blog/reciclaje-baterias-iones-litio-transicion-energetica-sostenible)

[transicion-energetica-sostenible](https://cicenergigune.com/es/blog/reciclaje-baterias-iones-litio-transicion-energetica-sostenible)

Coches (2023). ¿Qué Baterías llevan los Coches Eléctricos?

<https://www.cocheselectricos100x100.com/baterias/que-baterias-llevan-los-coches-electricos>

Condorchem Enviro Solutions (2025). Extracción y recuperación de litio y reciclaje de baterías. <https://condorchem.com/es/blog/extraccion-recuperacion-litio/>

Denz E., Morales S. (2025). Reutilización de baterías de litio: un estudio integral sobre oportunidades, regulaciones y perspectivas en Alemania y Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 38(1). 19-32. Doi. <https://doi.org/10.18845/tm.v38i1.7003>

Enerlink (2023). Todo sobre autos eléctricos: la guía completa.

[https://www.enerlink.com/todo-sobre-autos-electricos-guia-completa#:~:text=Bater%C3%ADas%20de%20n%C3%ADquel%20metal%20hidruo%20\(NiMH\)&text=Aunque%20las%20bater%C3%ADas%20de%20n%C3%ADquel%20almacenamiento%20y%20suministro%20de%20energ%C3%ADa.](https://www.enerlink.com/todo-sobre-autos-electricos-guia-completa#:~:text=Bater%C3%ADas%20de%20n%C3%ADquel%20metal%20hidruo%20(NiMH)&text=Aunque%20las%20bater%C3%ADas%20de%20n%C3%ADquel%20almacenamiento%20y%20suministro%20de%20energ%C3%ADa.)

EPA United States Environmental Protection Agency (2025). Used Lithium – Ion Batteries. https://www.epa.gov.translate.google/recycle/used-lithium-ion-batteries?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge

Fernández, L (2021). *Reutilización de las Baterías de Tracción de Níquel-Hidreto Metálico (NiMH) en la Generación de Energía Alternativa para un Taller Automotriz* [Título profesional, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio Académico de la Universidad Internacional del Ecuador.

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4776/1/T-UIDE-0222.pdf>

Harper, G., Sommerville, R. (2019). Estado Actual y Perspectiva Futura del Reciclaje y Segunda Vida de las Baterías de Iones de Litio. Recursos, Conservación y Reciclaje.

Herrera, C., Sucre C. (2024). A más baterías de litio, más reciclaje y reúso.

<https://blogs.iadb.org/energia/es/a-mas-baterias-de-litio-mas-reciclaje-y-reuso/>

Knaufindustries (2024). ¿Cuál es el mejor material para fabricar una carcasa de batería para un coche eléctrico? <https://knaufautomotive.com/es/cual-es-el-mejor-material-para-fabricar-una-carcasa-de-bateria-para-un-coche-electrico/>

López V., Hilbert I., Gascón L., Manhart A., García D., Nkongdem B., Dumitrescu R., Sucre C., Ferreira C. (2024). Revisión analítica de prácticas globales y regionales. <https://residuoselectronicosal.org/wp-content/uploads/2024/03/Reciclaje-y-reuso-de-baterias-de-litio-en-America-Latina-y-el-Caribe-revision-analitica-de-practicas-globales-y-regionales.pdf>

Manual de usuario Toyota Highlander Hybrid (2023)
<https://www.manual.ec/toyota/highlander-hybrid-2023/manual>

Manuales y guías | How-tos | Kia Ecuador. (n.d.). Kia Ecuador.
<https://www.kia.com/ec/service/how-tos/manuals.html>

Mettler-Toledo International Inc. (2024).
https://www.mt.com/int/en/home.html?cmp=sea_37010123&SE=GOOGLE&Campaign=MT_BRAND_EN_ROW&Adgroup=METTLER+TOLEDO+-+Exact&bookedkeyword=mettler%20toledo&matchtype=e&adtext=559235493240&placement=&network=g&kclid=_k_CjwKCAjw7MLDBhAuEiwAieXGITqcVGW3mZs8njmoOHQhkaBSz_ZeovCZR8e-tCTQWBSH53tGdTVmhoCWnEQAvD_BwE_k_&gad_source=1&gad_campaignid=261215670&gclid=CjwKCAjw7MLDBhAuEiwAieXGITqcVGW3mZs8njmoOHQhkaBSz_ZeovCZR8e-tCTQWBSH53tGdTVmhoCWnEQAvD_BwE

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2024). Ecuador impulsa reciclaje de baterías de vehículos. <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-impulsa-reciclaje-de-baterias-de-vehiculos/>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2013). Acuerdos Ministeriales No. 022-061. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/AM-022-pilas.pdf>

- Ochoa, A., García, D. (2022). Qué es un coche híbrido y cómo funcionan exactamente. Car and Driver. <https://www.caranddriver.com/es/coches/planetamotor/a42284369/coche-hibrido-que-es-como-funciona/>
- Prensa ec. (2024). Baterías Ecuador: Impulsando la movilidad sostenible con reciclaje de baterías de plomo-ácido. <https://prensa.ec/baterias-ecuador-impulsando-la-movilidad-sostenible-con-reciclaje-de-baterias-de-plomo-acido/>
- Peplew M. (2023). El reciclaje de baterías de iones de litio se vuelve masivo. https://cen-acso.org.translate.goog/environment/recycling/Lithium-ion-battery-recycling-goes/101/i38?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=A%20partir%20de%202026%2C%20se%20deber%C3%A1%20reciclar,junto%20con%20el%2050%20%25%20del%20litio.
- Pérez, A. (2022). Baterías de litio: tipos, ventajas e inconvenientes. <https://www.autobild.es/noticias/baterias-litio-tipos-ventajas-inconvenientes-1078491>
- Rettenmeir M., Moller M., Sauer A. (2024). Disassembly technologies of end-of-life automotive battery packs as the cornerstone for a circular battery value chain: A process-oriented analysis. *Resources, Conservation and Recycling* 209. 1-19. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107786>
- Revista Líderes (2017). La batería que surge del reciclaje en Baterías Ecuador. <https://www.revistalideres.ec/lideres/bateriasurge-reciclaje-economianegocios.html>
- Santana, J (2022). Análisis de los métodos de reciclaje de materia prima a partir de baterías de litio en desuso de vehículos eléctricos e híbrido. [Tesis de titulación, Universidad Agraria]. Repositorio institucional Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SANTANA%20FLORES%20JONATHAN%20DARWIN.pdf>
- Semana (2023). Empresa de colombiana que creó innovador proceso de reciclaje de baterías ha logrado recuperar hasta el 99% de litio. <https://www.semana.com/economia/emprendimiento/articulo/empresa-de->

[colombiana-que-creo-innovador-proceso-de-reciclaje-de-baterias-ha-logrado-recuperar-hasta-el-99-de-litio/202342/](#)

Srinivasan S., Shanthacumar S., Ashok B. (2025). Sustainable lithium-ion battery recycling: A review on technologies, regulatory approaches and future trends. *Energy Reports* 13. 789-812. Doi. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.12.043>

Tetra Pak (2024). Tetra Pak y Ecuaplastic impulsan el reciclaje y la economía circular. <https://www.tetrapak.com/es/ec/about-tetra-pak/news-and-events/newsarchive/tetra-pak-y-ecuaplastic-impulsan-el-reciclaje-y-la-economia-circ#:~:text=Quito%2C%20febrero%202024%2D%20Tetra%20Pak%20promueve%20la,lo%20largo%20de%20su%20cadena%20de%20valor.&text=Tetra%20Pak%20y%20Ecuaplastic%20continuar%C3%A1n%20impulsando%20acciones,y%20contribuir%20al%20cuidado%20del%20medio%20ambiente.>

TEM Electronic Components (2021). Tipos de baterías – batería Li-Ion, batería de Ni-MH, batería de Li-Po. <https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/44796/tipos-de-baterias-bateria-li-ion-bateria-de-ni-mh-bateria-de-li-po/>

Volkswagen (2024). ¿cuántos tipos de baterías para coches eléctricos existen? <https://www.vwcanarias.com/es/blog/tipos-baterias-coches-electricos.html>

Zarza R. (2024). Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún. *Escuela Superior Ciudad Sahagún* 11(21). 48-60. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/sahagun/issue/archive>

Zhang, Z., Sun, X., (2021). Reciclaje de Baterías de Iones de Litio: Una Revisión de los Métodos y Problemas Significativos. *Revista de metalurgia sostenible* <https://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia>

ANEXOS:

Anexos introducción:

Anexo 1. Reutilización de las Baterías de Tracción de Níquel-Hidreto por Fernández Lenine.

Fernández, L (2021). *Reutilización de las baterías de tracción de níquel-hidreto metálico (NiMH) en la generación de energía alternativa para un taller automotriz* [Título profesional, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio Académico de la Universidad Internacional del Ecuador.

El calentamiento global es una problema mundial y tema de diversas conferencias ambientales donde se establecen acuerdos internacionales sobre la limitación del uso de recursos naturales, promoviendo un desarrollo sostenible. En el año de 2015 se estableció el Acuerdo de Paris, aprobado por 195 países, y tiene como principal objetivo limitar el incremento de la temperatura del planeta a niveles inferiores a 2 °C, y reducción de los niveles de emisiones de los gases de efecto invernadero el mundo (Naciones Unidas UNFCC, 2015).

La EPA (Agencia de Protección Ambiental de los EUA), detalla las principales fuentes de emisiones de CO₂ en los EUA, y consecuentemente, una referencia a nivel mundial. El sector de transporte es responsable por la emisión de 28.2% de CO₂ en la atmosfera, seguidos de 26.9% en producción de energía, 22% en Industria, 12,3% a nivel comercial y residencia, y 10.6% en agricultura (EPA - United States Environmental Protection Agency, 2020).

En Ecuador, lamentablemente no existe números actualizados sobre las emisiones de gases contaminantes, pero en el Año 2010 el Ministerio del Ambiente del Ecuador, por medio de su Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, publicó una tendencia de emisiones para el año 2012.

El informe clasifica las fuentes de emisiones de los Gases de Efecto Invernadero, por su sigla GEI, clasifica el sector de Energía como el más contaminante del país, siendo responsable por el 44,49 % del total de emisiones. En ese grupo se encuentra la división de transporte con 43,22 % de la distribución de las emisiones (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016).

La exposición constante a sustancias contaminantes provoca diversas afecciones, en su mayoría de origen respiratorio, resultando en impactos económicos y sociales de gran magnitud, esencialmente en centros urbanos.

Los vehículos híbridos y eléctricos son una solución para reducir las emisiones de contaminantes en la atmósfera, pero además de sus beneficios generan problemas ambientales tanto en los desechos provenientes de su producción, cuanto, en el descarte de las baterías, ya que luego de un tiempo e intensidad de uso (entre 1500 a 2500 ciclos de carga) pierden la potencia y la capacidad necesarias para la aplicación automotriz, resultando en grave problema para la industria (ADAC, 2019).

1.2.2. Formulación del Problema

¿Sería la reutilización de los módulos de baterías de tracción de Níquel-Hidreto Metálico (NiMH) aplicados como almacenamiento estacionario en conjunto a sistemas fotovoltaicos (FV) una fuente viable para la producción de energía alternativa, además de proveer una reducción significativa en el consumo de energía en un taller automotriz?

1.2.3. Sistematización del Problema

- ¿La aplicación de energía alternativa en un taller automotriz, sería un uso eficiente?
-

incrementa un 6% por cada 10 μg de $\text{PM}_{2.5}$ adicional por metro cúbico de aire (McConway, 2017).

2.1.2. El Efecto Invernadero

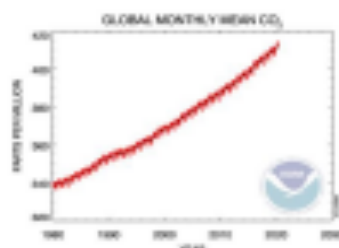
La concentración de dióxido de carbono (CO_2), principal gas responsable por el efecto invernadero, es un factor determinante en la degradación de la atmósfera terrestre.

El francés Frederic Parrenin, lideró un estudio que perforó y analizó la composición de las burbujas de aire que fueron atrapadas, a lo largo de los siglos, en las profundas capas de hielo de Groenlandia y Antártica, posibilitando así un análisis sobre las concentraciones de CO_2 en la atmósfera en la historia de la humanidad (Salgado-Laboriau, 2006).

El estudio determinó que, en los últimos 800 años, la concentración de CO_2 estaba por debajo de 280 partes por millón (ppm), pero luego de la Revolución Industrial, en el siglo XVIII, ese número se intensificó. El World Wide Found (WWF), registra que el crecimiento de las actividades movidas por la quema de combustibles fósiles como el carbono, el gas y el petróleo, incrementaron las emisiones de contaminantes en 34 % (WWF, 2020).

El Global Monitoring Laboratorie, un Órgano Internacional que monitorea el comportamiento del CO_2 , la elevación de la temperatura y el efecto invernadero en el mundo, registró en abril de 2020 una concentración de 413.95 ppm (partículas por millón) de CO_2 en la atmósfera (Global Monitoring Laboratory, 2020).

Figura 1
Concentración Global del Nivel de CO_2 en abril 2020



Fuente: Global Monitoring Laboratory, 2020

Anexo 2. Investigación del mercado de reciclaje de baterías de litio por Cádiz José.

Cádiz, J. (2022) *Investigación del mercado de reciclaje de baterías de litio.*

Universidad de Chile.

sustitutos y rivalidad entre competidores (oferta).

3.2. Estado del arte

3.2.1. Reciclaje de baterías de litio

Los fabricantes de EV han adoptado diferentes enfoques en la estructura de la batería que los alimenta, por esto en el mercado de baterías de EV existe una amplia variedad de diferentes configuraciones físicas, tipos de celdas y química celular. Esto finalmente presenta un desafío para el reciclaje de baterías debido a la falta de estandarización [14].

A menudo los objetivos de diseño para la seguridad dan como resultado diseños que no están optimizados para el reciclaje y el desmontaje manual puede llevar mucho tiempo. La figura 3.11 detalla tres tipos de estructuras distintas para el pack de baterías junto con sus respectivos módulos y celdas. Como se puede observar, los packs poseen diferentes configuraciones físicas que requieren distintas etapas para el proceso de desmontaje, dificultando el proceso de automatización del desmantelamiento. Además las diferentes químicas de las celdas dificultan el diseño de procesos de reciclaje más eficientes.

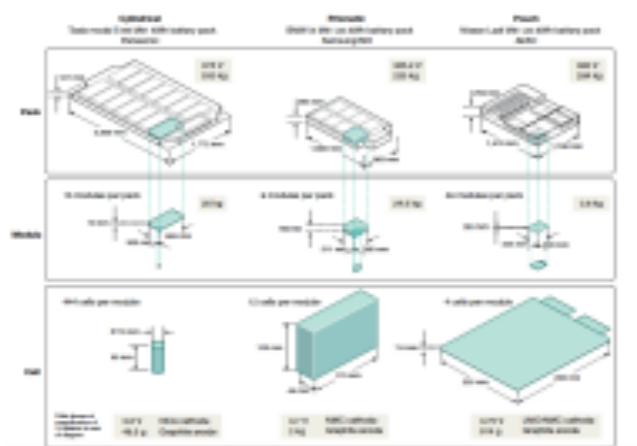


Figura 3.11: Formatos de pack de baterías en vehículos eléctricos [14].

Los altos pesos y voltajes de las baterías implica que los empleados deben estar calificados y tener herramientas especializadas para dicho desmantelamiento. Siendo esto un desafío adicional para esta industria en transición con escasez de habilidades específicas.

Un instituto de la industria del motor encontró que solo 1.000 técnicos capacitados en el Reino Unido son capaces de dar servicio a vehículos eléctricos, con otros 1.000 en formación. Dado que hay 170.000 técnicos de motores en el Reino Unido, esto representa menos del 2% del personal [14]. Con esto, existe la preocupación de que los mecánicos no capacitados puedan arriesgar su vidas reparando vehículos eléctricos.

El desmontaje de la batería automatizado podría eliminar el riesgo de daños a los traba-

adores, y una mayor automatización reduciría los costos, lo que podría hacer que el reciclaje de batería sea menos costoso. Sin embargo, el desmantelamiento de baterías de automóviles presenta grandes desafíos debido a que la robótica y la automatización se basa en entornos altamente estructurados, en los que los robots realizan acciones repetitivas con respecto a objetos exactamente conocidos en posiciones fijas. Por el contrario, el desarrollo de sistemas robóticos que puedan generalizar a una variedad de objetos y manejar la incertidumbre, es un gran desafío en la frontera de la investigación en inteligencia artificial.

En la figura 3.12 se muestran los principales desafíos en cada etapa de desmantelamiento de la batería del vehículo eléctrico.

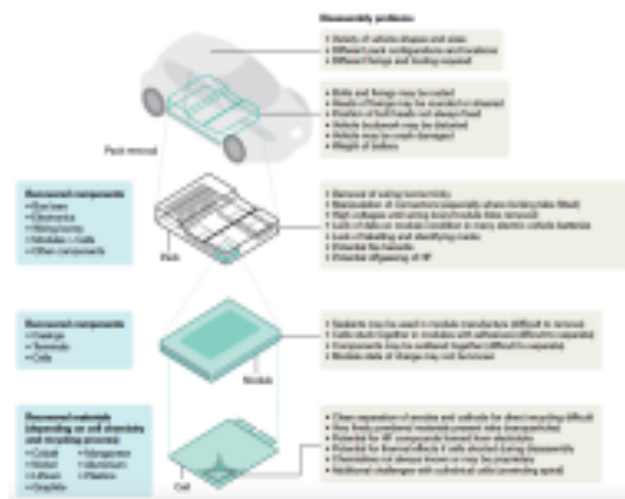


Figura 3.12: Desafíos en el reciclaje en cada nivel de escala [14].

Para corregir estos problemas, es recomendable aprender de otras industrias que han tenido éxito en cuanto a la reciclabilidad de los desechos, como lo es la industria de las baterías de plomo-ácido el cual a través de numerosas iteraciones, ha logrado estandarizar las baterías, estando diseñadas para ser recicladas. Las baterías de plomo-ácido tienen tasas de reciclaje en peso de casi el 100 % en US, Japón y la mayor parte de Europa [15]. Este éxito se debe en parte de la simplicidad de su diseño, donde el ánodo y el cátodo son Pb y PbO_2 respectivamente, siendo el proceso eficiente debido a la uniformidad de los materiales utilizados.

Además, las baterías de plomo-ácido no están ensambladas en módulos y packs, por lo que no es necesario desmontarlos antes de reciclarlos. El proceso de reciclaje de una batería de plomo-ácido es sencillo: la caja se tritura, permitiendo que el electrolito de ácido sulfúrico se libere, y los electrodos de plomo se separan de la carcasa de polipropileno por densidad. El plomo se funde y el polipropileno se puede reutilizar en carcasas nuevas.

3.2.2. Logística

En el reciclaje de baterías de litio se usa el concepto de “logística inversa” en donde una vez que la vida útil de la batería (o producto que contiene una) llega a su fin, es devuelta a los fabricantes o vendedores en puntos de recolección específicos [16]. Posteriormente puede ser necesario un desmantelamiento de la batería, proceso que se lleva a cabo no necesariamente

en los puntos de recolección. Finalmente estas baterías son vendidas a plantas de reciclaje o se les paga por el proceso de extracción de las materias primas, las cuales deben ser transportadas a la zona en donde se ubica la planta de reciclaje desde la zona de desmantelamiento.

En el artículo "Implicaciones del ciclo de vida y logística de la cadena de suministro de vehículos eléctricos reciclaje de baterías en California" [17] se habla sobre la carencia de infraestructura en la época del 2015 para administrar baterías de litio al final de su vida útil y muestra como se planifica la logística del proceso de recolección hasta las plantas de reciclaje.

En esta planificación se resuelve un problema de optimización para minimizar los costos de transporte desde los puntos de recolección y zonas de desmantelamiento hasta las plantas de reciclaje. En este caso, lo que se pretende optimizar es la ubicación y cantidad de las plantas de desmantelamiento, dado que se tiene como información la ubicación de los puntos de recolección y la ubicación de la planta de reciclaje.

Por otro lado, en el artículo "Integración de la logística offline y el sistema online para reciclar bicicletas eléctricas batería en China" [16], se habla sobre "Internet+Recycling", método de reciclaje innovador que utiliza tecnología de la información para mejorar el acceso a la información y comunicación entre los profesionales del reciclaje y el general de la población, usando plataformas en línea donde los participantes, tanto individuos como profesionales del reciclaje, agendan citas para dejar las baterías en el lugar recolección o comercialización.

Estas actividades de "Internet + Reciclaje" se ha llevado a cabo en las principales ciudades como Dalian, Shenyang, Tianjin, Chongqing y Shenzhen en 2019. Sin embargo, este nuevo método de reciclaje aún no goza de una amplia masificación.

3.2.3. Recuperación de productos

Por razones económicas y termodinámicas, los procesos de reciclaje se enfocan en la recuperación de Co, Ni y Cu, por lo que existe interés económico en reciclar baterías NCA y NMC debido a su alto contenido de Co y Ni. Sin embargo, baterías LFP y LMO no son de interés económico para ser recicladas, debido a que no contienen Co y tampoco Ni.

Por otro lado, el interés por la extracción de litio ha aumentado en el último tiempo debido a los pronósticos de alta demanda de este elemento. Hay menos enfoque en Al y Mn, pero el primero es en parte recuperado en procesos mecánicos y componentes no metálicos como el grafito y los disolventes del electrolito no se recuperan con algunas excepciones [9].

La pirometalurgia incluye procesos de alta temperatura como la fundición para la refinación de metales y a hidrometalurgia se basa en la lixiviación, normalmente a bajas temperaturas y ocurre en los pasos finales de la cadena de procesos debido a su capacidad para producir productos de alta calidad [9].

Procesos típicos de reciclaje son procesos pirometalúrgicos con posterior hidrometalurgia y procesos mecánicos con posterior hidrometalurgia. En general, en la literatura se refiere indistintamente como proceso pirometalúrgico a la ruta de reciclaje compuesta por procesos pirometalúrgicos con posterior hidrometalurgia y como proceso hidrometalúrgico a la ruta de reciclaje compuesta por procesos mecánicos con posterior hidrometalurgia.

Anexo 3. *Análisis de los métodos de reciclaje de materia prima a partir de baterías de litio en desuso de vehículos eléctricos e híbrido por Santana Jonathan.*

Santana, J, (2022) *Análisis de los métodos de reciclaje de materia prima a partir de baterías de litio en desuso de vehículos eléctricos e híbrido*. [Tesis de titulación, Universidad Agraria]. Repositorio institucional Universidad Agraria del Ecuador.

17

El principal banco de inversión del mundo, UBS (United Bank of Switzerland) publicó informes detallados sobre los materiales de las baterías para los clientes de su agencia. A los precios actuales, el litio podría agotarse en 2025. Y a medida que los carros eléctricos empiezan a dominar las carreteras, las acciones de litio podrían ser algunas de las más beneficiadas. UBS predice que los vehículos eléctricos representarán casi la mitad de las ventas de vehículos nuevos hasta 2030 (Franco, 2020).

2.2. Base teórica

2.2.1. Tipo de baterías de litio

Los distintos fabricantes de vehículos utilizan diferentes métodos para alimentar sus vehículos, y la figura 1 ofrece un ejemplo que detalla tres paquetes de baterías y módulos diferentes utilizados actualmente en los vehículos eléctricos. Por ejemplo, un paquete de celdas cilíndricas con una tensión de 375 V, un peso de 530 kg, una longitud de 2.830 mm, una anchura de 1.772 mm y una altura de 127 mm; Y un paquete de células cilíndricas contiene 16 módulos, un módulo pesa 25 kg, y cada módulo contiene 444 células, una célula pesa 48,5 g, y el voltaje es de 3,6 V (Harper, 2019).

Los tres diseños examinados son del año modelo 2014, esto se basa en la disponibilidad de información procedente de los desguaces de vehículos, y también porque es más probable que los vehículos más antiguos estén más cerca del final de su vida útil que los coches nuevos de hoy en día. Las células son el componente más pequeño. Pueden ser cilíndricas, prismáticas o en bolsa. La carcasa exterior de las dos primeras es de acero. La carcasa de las pilas de bolsa está hecha de un polímero. Por su ligereza, las pilas de bolsa son las preferidas para los automóviles. (Harper, 2019).

2.2.2. Composición de las baterías de litio

El electrodo negativo de una batería de litio es generalmente un material de carbono y el electrodo positivo es un óxido metálico que contiene litio, por ejemplo LiCoO_2 , LiMn_2O_4 , LiFePO_4 , el electrolito es una solución orgánica de sales de litio o un polímero. El principio de funcionamiento de la batería de litio se muestra en la Figura 2, durante la carga, los iones de litio del electrodo positivo se incrustan en el material de carbono del electrodo negativo a través del electrolito, durante la descarga, ocurre lo contrario (Ciencias, 2015).

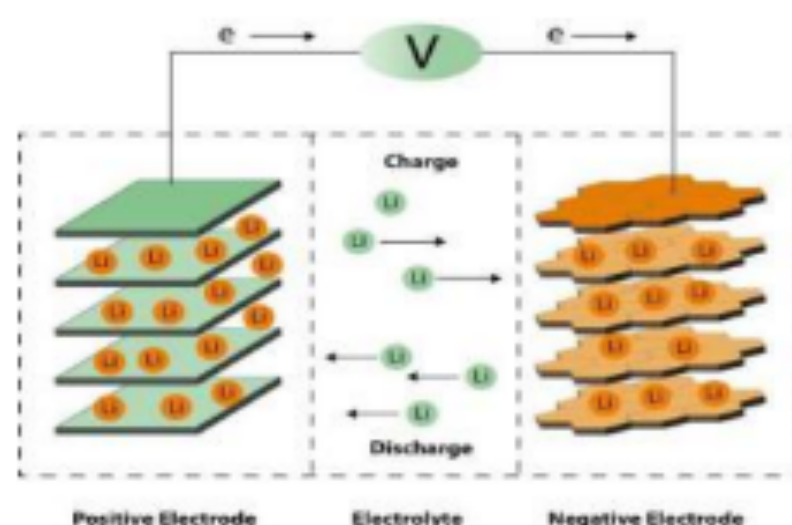


Figura 2. El principio de funcionamiento de la batería de litio (Ciencias, 2015).

Por ejemplo, la reacción del LiCoO_2 como material catódico para la batería de Li es la siguiente:

Al descargar: $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + \text{Li}_x\text{C}_6 \rightarrow \text{LiCoO}_2 + 6\text{C}$

Al cargar: $\text{LiCoO}_2 + 6\text{C} \rightarrow \text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + \text{Li}_x\text{C}_6$

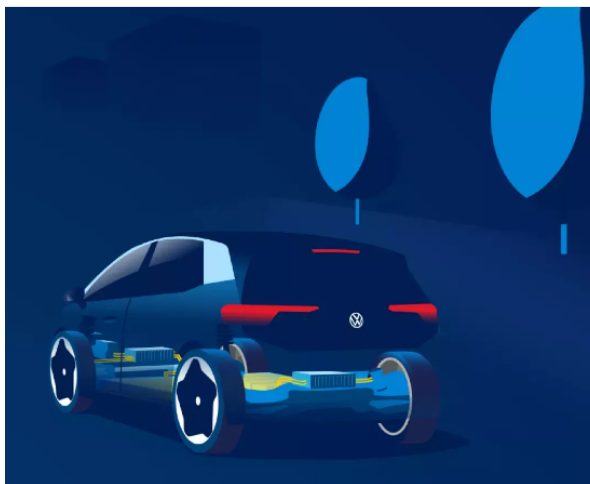
El material del electrodo positivo no sólo participa en la química de la batería como material de electrodo, sino que también es la principal fuente de

Anexos marco teórico

Anexo 4. Baterías de Coches Eléctricos >> Tipos y Características por Volkswagen.

▷ *Baterías de Coches Eléctricos >> Tipos y Características.* (s/f). Vwcanarias.com.

Recuperado el 3 de junio de 2024



¿Cuántos tipos de baterías para coches eléctricos existen?

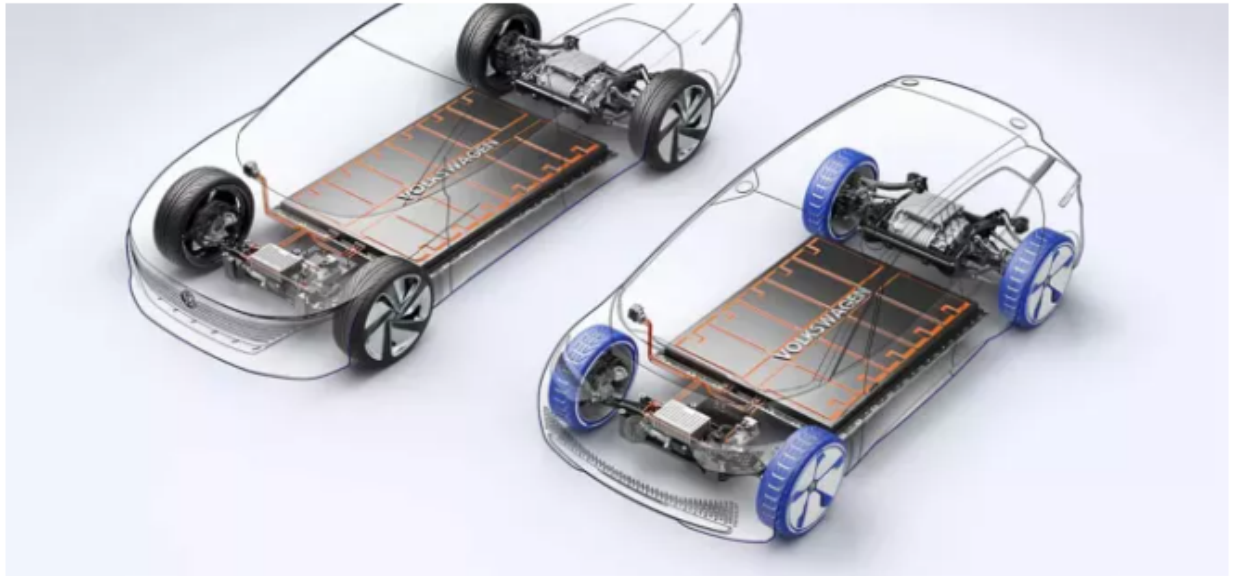
¿Sabías que hay muchos tipos de baterías para coches eléctricos? Este componente es la principal clave para atraer más usuarios a la electromovilidad, puesto que de ella dependen la autonomía, el precio o el tiempo de recarga, entre otros.

Desde el momento en el que aparecieron los primeros vehículos eléctricos hace más de un siglo, las baterías han evolucionado bastante. De hecho, gracias al enorme salto tecnológico surgido en los últimos años, cada vez hay más fabricantes de automóviles han optado por desarrollar nuevos modelos de coches eléctricos.



Hay que tener en cuenta que una de las grandes ventajas de los motores eléctricos es que son menos complejos que los térmicos, así que tanto su mantenimiento como su coste son menores.

Como analogía, pensemos en que la batería de un coche eléctrico sería el equivalente del depósito de combustible de un coche de combustión. En efecto, es un acumulador de energía en el que se almacena la electricidad que se transmite al motor eléctrico para que el automóvil funcione.



Los tipos de baterías para coches eléctricos, al igual que sucede con los teléfonos móviles o los ordenadores portátiles, se cargan con enchufes domésticos Schuko o con puntos de recarga, ya sean públicos o privados.

No existe una respuesta definitiva a cuánto tiempo tarda en cargarse un coche eléctrico, los usuarios de vehículos eléctricos suelen aprovechar la noche para cargarlos totalmente. Ahora bien, hay tres aspectos que afectan a la carga:

Níquel-hidruro metálico (NiMH)

Dentro de los tipos de baterías para coches eléctricos, esta es una de las más usadas por los fabricantes de vehículos híbridos.

- Características: ciclo de vida un poco limitado entre los 300 y 500 ciclos de carga y descarga, densidad de 30-80 Wh/Kg y un elevado mantenimiento.
- Ventajas: reducción del efecto memoria en relación con las baterías de níquel-cadmio, además de eliminar el cadmio (un metal tóxico).
- Desventajas: menor fiabilidad, no aguanta fuertes descargas, menor resistencia a altas temperaturas y menor resistencia a altas corrientes de carga.

Ion-litio (LiCoO₂)

Un tipo de batería de reciente creación con el doble de densidad energética que las de níquel-cadmio, a pesar de tener un tercio de su tamaño.

- Características: ciclo de vida entre las 400 y 1200 cargas y descargas, densidad de 100-250 Wh/Kg y sin necesidad de mantenimiento.
-

Anexo 5. Todo sobre autos eléctricos: la guía completa por Enerlink.

Todo sobre autos eléctricos: la guía completa. (s/f). Enerlink.com.

Todo sobre autos eléctricos: la guía completa

En un mundo cada vez más preocupado por el cambio climático y la sostenibilidad, los autos eléctricos se han convertido en una alternativa popular y eficiente a los de combustión interna.

Los autos eléctricos tienen un impacto económico más allá del ahorro de combustible y la reducción de emisiones. Su tecnología puede beneficiar la economía a través de incentivos fiscales y financiamiento gubernamental, así como el ahorro en el mantenimiento y operación de flotas de vehículos.

En este artículo, descubriremos cómo los autos eléctricos ofrecen una opción económica y eficiente tanto para conductores particulares como para empresas. Analizaremos su transformación de la industria automotriz y exploraremos los desafíos que deben superarse para lograr una adopción masiva de vehículos eléctricos. Además, discutiremos el impacto futuro de esta tecnología en el transporte.

En esta guía encontrarás:

1. Cómo funcionan los autos eléctricos
 2. Tipos de baterías para autos eléctricos: ¿Cuál es la mejor opción?
 3. Superando los desafíos de la adopción de vehículos eléctricos
 4. 3 Ventajas de los autos eléctricos
 5. Tendencias del mercado de autos eléctricos: ¿Qué podemos esperar en el
-

Cómo funcionan los autos eléctricos

En términos generales, los autos eléctricos se mueven de manera similar a los vehículos de combustión interna, pero en lugar de utilizar un motor que quema combustibles fósiles, se impulsan a través de un motor eléctrico.

El sistema de combustión

En un vehículo de combustión interna, se utiliza un motor que quema combustibles fósiles, como gasolina o diésel, para generar energía y producir movimiento. Mientras tanto, en un eléctrico, el motor se alimenta directamente de la energía almacenada en la batería, sin la necesidad de quemar combustible.

Esto implica que estos vehículos no tienen tubos de escape ni emiten gases de escape, lo que contribuye a reducir la contaminación del aire y las emisiones de gases de efecto invernadero.

La batería

Las baterías de los autos eléctricos almacenan energía química y la convierten en energía eléctrica cuando se necesita.

Se miden en kilovatios-hora (kWh) y su capacidad determina la cantidad de energía que pueden almacenar y utilizar para el funcionamiento del vehículo.

Existen diferentes [tipos de baterías](#) y la duración depende del modelo del vehículo y las condiciones de uso. Por lo general, tienen una vida útil prolongada y pueden durar varios años antes de necesitar ser reemplazadas.

En cuanto a la carga, existen diferentes opciones disponibles. La carga lenta se realiza en casa a través de una toma de corriente convencional en la pared. Por otro lado, la carga rápida se realiza en estaciones públicas y permite cargar la batería en un lapso de 30 minutos a una hora. Sin embargo, es importante contar con una infraestructura de carga adecuada para utilizar esta opción.

Baterías de iones de litio

Las baterías de iones de litio pueden almacenar mucha energía en poco espacio, lo que significa que el carro puede recorrer distancias más largas sin la necesidad de cargarlas con frecuencia. Es por ello que se utilizan ampliamente en este tipo de vehículos.

Para los dueños de este tipo de vehículo, las baterías de iones de litio y su alta capacidad de almacenar energía les permiten disfrutar de una mayor autonomía y recorrer distancias más largas sin cargar la batería con frecuencia. Además, ellas tienen una larga vida útil, lo que implica menos preocupación por reemplazarlas con frecuencia y un mayor ahorro.

En el sector de renta de carros, estas baterías son altamente valoradas debido a su capacidad de carga rápida. Esto permite que los vehículos estén disponibles para los clientes en poco tiempo después de su devolución, aumentando así la eficiencia y la disponibilidad de la flota de alquiler.

En el ámbito del transporte público, lo importante es lograr una mejora en la cobertura de rutas y una reducción de las emisiones contaminantes, ventajas significativas que este tipo de batería ofrece.

Para el transporte privado, las baterías de iones de litio se traducen en una mayor eficiencia y productividad, ya que permiten realizar más viajes antes de tener que recargar nuevamente. Esto es especialmente beneficioso para conductores de servicios de transporte como taxis o conductores de aplicaciones de viajes compartidos.

Baterías de níquel-metal hidruro (NiMH)

Las baterías de níquel-metal hidruro se utilizan en vehículos híbridos debido a su mayor eficiencia y menor toxicidad en comparación con las baterías de níquel-cadmio utilizadas en modelos anteriores de estos vehículos.

La ausencia de cadmio en las baterías de NiMH es un avance significativo en términos de seguridad y sostenibilidad, lo que las convierte en una opción ideal para su uso en flotas de transporte público que requieren una alta utilización diaria de manera respetuosa con el medio ambiente.

Aunque las baterías de níquel-metal hidruro no pueden almacenar tanta energía en el mismo espacio como las de iones de litio, ellas tienen una vida útil más larga y son más eficientes que las baterías de plomo-ácido en términos de almacenamiento y suministro de energía. Esto se traduce en un ahorro económico a largo plazo, especialmente en flotas de vehículos que requieren un uso intensivo diario.

Un ejemplo de la utilidad de las baterías de NiMH en el sector del transporte público es la empresa de autobuses híbridos de la ciudad de Seattle, en Estados Unidos. Esta flota de autobuses las utiliza debido a su capacidad de carga rápida, durabilidad y capacidad para tolerar condiciones variables de temperatura.

Anexo 6. Qué es un coche híbrido y cómo funcionan exactamente por Ramos Antonio y García Diego.

Qué es un coche híbrido y cómo funcionan exactamente. Ochoa, A. R., & García, D. (2022, 20 de diciembre).

Qué es un coche híbrido y cómo funcionan exactamente

Sabemos que son coches que combinan un motor de combustión y uno eléctrico, pero no todos funcionan igual. Esto es todo lo que necesitas saber sobre su tecnología y los distintos tipos que hay.

POR ANTONIO RAMOS OCHOA Y DIEGO GARCÍA PUBLICADO: 10/07/2023



COCHES

FÓRMULA 1

PRUEBAS

Los vemos muy a menudo por nuestras ciudades y garajes, cada vez más ante la llegada masiva de la electrificación al mundo del automóvil. Y aunque a estas alturas ya comparten protagonismo con los [coches eléctricos](#) puros, aún se presentan como el perfecto término medio para entrar en el mundo de los coches más eficientes y "ecológicos" sin renunciar a la versatilidad que siguen demostrando los coches de combustión.

Los [coches híbridos](#) son una tecnología mecánica que lleva mucho tiempo ya entre nosotros, desde que Toyota la pusiera en práctica con la introducción del primer Prius ya a finales del pasado siglo. Pero poco a poco ha ido ganando en cuota de protagonismo al mismo tiempo que crecían las distintas fórmulas aplicadas por los fabricantes para llegar a la misma meta: crear un coche capaz de consumir menos gasolina y dejar en la atmósfera menos gases contaminantes gracias a la ayuda de un motor eléctrico.

Anexo 7. Anuarios 2023 de Aeade

Anuarios. (s/f). Aeade.net.

Las ventas de vehículos en 2023 cayeron 1,3 % debido a las condiciones de inseguridad en el país, que se acentuaron en el segundo semestre del año.

En 2023 se vendieron 132.388 unidades nuevas en todo el país, una cifra similar al año 2019. Aunque pareciera que se mantienen niveles estables de demanda, la caída interanual de ventas del segundo semestre de 2023 fue de 13,5 %, lo que genera unas perspectivas negativas para el 2024.

No obstante, no todos los segmentos de vehículos presentaron decrecimiento en sus ventas. En el caso de los vehículos para transporte de pasajeros, como buses y vans, se observaron importantes crecimientos, correspondientes al 46,7 % y 19,6 %, respectivamente. Esto se debe sobre todo a que su proceso de recuperación de la demanda en los años posteriores a la pandemia fue más lento que en los demás segmentos.



Híbridos y eléctricos

El año 2023 mostró un crecimiento aún más acelerado (76,7 %) en las ventas de vehículos electrificados, que alcanzaron las 12.275 unidades.

Estas ventas correspondieron a 10.452 vehículos híbridos y 1.823 vehículos eléctricos. Este año se introdujeron con fuerza los vehículos eléctricos de rango extendido (EREV, por sus siglas en inglés), con 1.043 unidades.

La participación de vehículos electrificados dentro del mercado ecuatoriano pasó de 5,1 % en 2022 a 9,3 % en 2023, ubicando a Ecuador como uno de los mercados en América Latina con mayor penetración de estas tecnologías automotrices, solamente por detrás de Colombia.

Evolución histórica de ventas de eléctricos (2015-2023)



Evolución histórica de ventas de híbridos (2011-2023)



Anexo 8. Evaluación de un go-kart eléctrico con baterías de ion-litio y níquel-hidruro metálico de Álvarez Andrés, e Idrovo Andrés.

Evaluación de un go-kart eléctrico con baterías de ion-litio y níquel-hidruro metálico. Andrés, Á. C. G. (2020).

Evaluación de un go-kart Eléctrico Con Baterías de Ion-Litio y Níquel-Hidruro Metálico

Andrés Fernando Idrovo Pauta

Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Mecánica Automotriz, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
andres110792@hotmail.com

Andrés Fernando Idrovo Pauta

Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Mecánica Automotriz, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
andres110792@hotmail.com

Resumen— Enmarcados en la transición hacia el uso de la electricidad como fuente de energía en la automoción, la presente investigación aborda la determinación de la capacidad de aceleración de un vehículo tipo go-kart provisto de un motor eléctrico. Las fuentes de energía aplicadas son baterías de Ion-Litio y de baterías de Níquel – Hidruro Metálico, cada una de ellas combinadas con dos configuraciones de relación de transmisión. Los resultados obtenidos en pista, comparados con un modelo matemático de dinámica vehicular, corroboran que la combinación más efectiva es la que utiliza baterías de Ion-Litio y una relación de transmisión de 2:1. La variación porcentual de los resultados de hasta el 16.68% se obtiene a través del programa Mat Lab – Simulink. Dicha variación, mayor en las simulaciones con relación de transmisión 1:1, se la atribuye al requerimiento inicial de energía a las baterías en el arranque del vehículo para vencer la inercia.

Palabras clave: Baterías de Níquel-Hidruro Metálico, baterías de Ion-Litio, go-kart, capacidad de aceleración, modelo de dinámica vehicular de capacidad de aceleración.

Abstract— In the transition context towards the use of electricity as a source of energy in the automotive industry, this investigation pretends to determine the acceleration capacity of a go-kart type vehicle equipped with an electric motor. The energy sources applied were Lithium-Ion and Nickel-Metal Hydride batteries, each one combined with two transmission ratio configurations. The results obtained in the track, compared with a mathematical model of vehicle dynamics, corroborates that the most effective combination was the one that uses Lithium-Ion batteries and a transmission ratio of 2:1. The percentage variation of the results up to 16.68% were obtained through the program Mat Lab - Simulink. This variation, which is greater in the simulations with a 1:1 transmission ratio, was attributed to the initial energy requirement of the batteries when starting the vehicle to overcome inertia.

Keywords: Nickel-Metal Hydride batteries, Lithium-Ion batteries, go-kart, acceleration capacity, acceleration capacity, vehicle dynamics model of acceleration capacity.

1. INTRODUCCIÓN

La utilización de fuentes no convencionales de energía para el transporte es un tema de interés mundial. Si bien desde los inicios de la era del automóvil, en la disputa entre los vehículos con motores a combustión y los vehículos eléctricos, estos últimos quedaron rezagados debido a las limitaciones de autonomía de sus baterías, esta realidad empezó a cambiar a raíz de la aparición de los vehículos híbridos actuales, que dieron paso a la llegada de los vehículos eléctricos fundamentados en el hecho de que la autonomía de baterías mejoró notablemente y el precio de estas disminuyó aproximadamente un 85% en la última década[1].

En cuanto a los vehículos tipo go-kart, en 2010, el proyecto "The Cap Kart v2.0" del Massachusetts Institute of Technology, desarrolló un go-kart con un peso de 113 kg sin considerar el peso del conductor, el cual utilizaba un motor de 7.5 kW de potencia, alimentado por una batería de Ion Litio de 39.6 V, con 40Ah de capacidad conectada en serie a un ultra condensador de 110F a 16 V. Este go-kart, con una relación de transmisión fija de 3.2:1 alcanzaba una velocidad máxima de 64 km/h en 4.68 segundos [2].

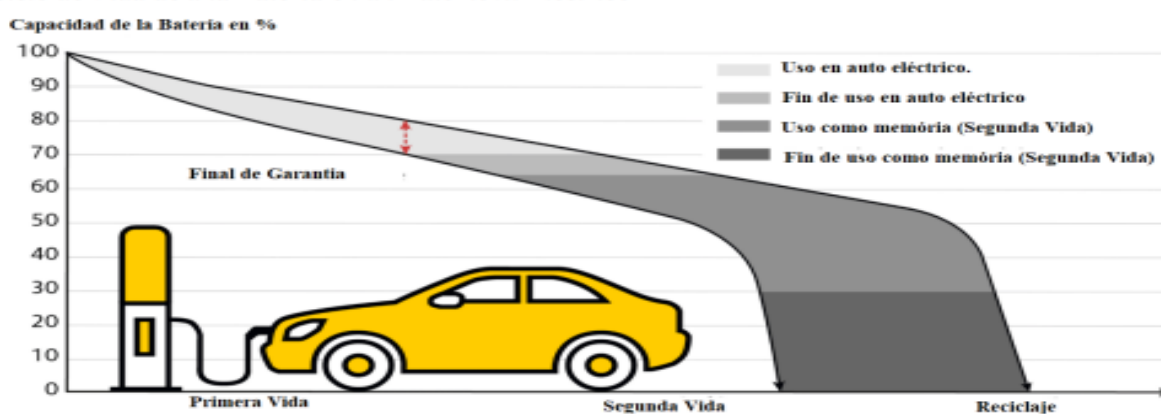
Desde el año 2014, enmarcada en la transición hacia un automovilismo ecológico [3], se origina la Fórmula E que es el equivalente de la Fórmula 1 para vehículos eléctricos. Cabe recalcar que desde entonces en la misma Fórmula 1 ya se implementa un sistema híbrido para la recuperación de energía llamado ERS el cual genera aproximadamente 160 HP adicionales durante 33 segundos por vuelta a través de unidades motor-generador, que aprovechan tanto la energía cinética de frenado, MGU-K, como la energía térmica que expelle el turbocompresor, MGU-H, almacenándola en baterías para luego aportar potencia adicional al vehículo mejorando su eficiencia [4].

En la categoría de go-kart de competición, a pesar de que principalmente este tipo de vehículos están equipados con motores de combustión, en Francia por ejemplo, los IUT siglas en francés para "Instituts Universitaires de Technologie", junto con varias escuelas de ingeniería y escuelas secundarias vocacionales promueven específicamente el uso de un go-kart eléctrico como un apoyo educativo [5]. En 2018 Blue Shock Race, una empresa europea dedicada a la construcción de

Anexo 9. Reutilización de las Baterías de Tracción de Níquel-Hidreto por Fernández Lenine.

Fernández, L (2021). *Reutilización de las baterías de tracción de níquel-hidreto metálico (NiMH) en la generación de energía alternativa para un taller automotriz* [Título profesional, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio Académico de la Universidad Internacional del Ecuador.

Figura 4
Ciclo de Vida de una Batería en un Automóvil Eléctrico



Fuente: ADAC, 2019

vehículos, (II) la provisión del equipamiento suficiente para suministrar la carga de los vehículos, (III) la descarbonización de la generación de energía eléctrica y (IV) la integración de los vehículos eléctricos a la red eléctrica” (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019).

Las políticas públicas, regulaciones e incentivos gubernamentales son claves para la implementación de la Electromovilidad en un país, el éxito depende de 5 pilares fundamentales: (I) Estandarización; (II) Circulación y confiabilidad; (III) ampliación de la oferta y facilitación de la adquisición a los usuarios; (IV) generación de entornos promotores de Electromovilidad y (V) establecer los primeros pasos desde el sector eléctrico (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019).

2.1.4. Relación entre la Movilidad Eléctrica y la Sostenibilidad

Los beneficios de la aplicación de la Electromovilidad son altamente contrarrestados por la contaminación generada tanto en la fabricación de las baterías y cuanto, en el descarte, pues se constituye de elementos altamente nocivos y tóxicos al ser humano y al medio ambiente. Conciliar el avance tecnológico y la naturaleza ha sido un verdadero reto para la industria, principalmente en lo que se refiere al reciclaje y reutilización de las baterías de alto voltaje.

El Allgemeiner Deutscher Automobil Club (ADAC), o Club General Automovilístico Alemán, en traducción literal, es una de las asociaciones automovilísticas más importante de Europa, responsable por diversos estudios relacionados a innovaciones tecnológicas para el sector, detalla que la materia prima utilizada en las baterías es altamente valiosa, su proporción depende básicamente del tipo de batería. Para ejemplificar, una batería de 400 kilogramos de peso y una capacidad de 50 kWh, contiene en su composición:

Anexo 10. Empresa de colombiana que creó innovador proceso de reciclaje de baterías ha logrado recuperar hasta el 99% de litio de revista Semana.

Semana. (2023, abril 26). *Empresa de colombiana que creó innovador proceso de reciclaje de baterías ha logrado recuperar hasta el 99% de litio*. Revista Semana.

Empresa de colombiana de reciclaje de baterías ha logrado recuperar hasta el 99% de litio (Imagen de referencia) | Foto: Getty

Hoy en día, el litio es uno de los elementos químicos indispensable para el funcionamiento de diferentes artefactos cotidianos como los teléfonos celulares o los vehículos eléctricos. Con el auge de la tecnología, este elemento se hace cada vez más indispensable, pero así mismo sus reservas alrededor del mundo se están agotando.

Y es que la revolución de la movilidad con la llegada de los vehículos híbridos y eléctricos, los cuales usan baterías de litio recargables para su funcionamiento, y cuyo contenido de litio para un solo vehículo se estima en 8 kilogramos, ha implicado extraer con más apuro este elemento de la tierra, de acuerdo con el Centro de Investigación Científica y de Ingeniería del Departamento de Energía de Estados Unidos. Así mismo, es un elemento esencial para el almacenamiento de energía renovable, como la energía solar y eólica.

[Las tecnologías no convencionales, como la desarrollada por esta startup, juegan un papel importante en esta transición, no solo local, sino también mundial.](#) Es por esto que Colombia también está entrando en esta transición energética y se está convirtiendo en líder regional.

Durante el 2022, la compañía desarrolló un proceso que le permitió ser competitiva a nivel mundial frente al reciclaje de baterías. Gracias a su tecnología, ha logrado cero emisiones o impactos ambientales, por lo que cerraron el último trimestre del 2022 reciclando más de 100 toneladas de baterías de iones de litio.

“Reciclar las baterías es mejor que extraer nuevos materiales, pero este proceso no solo tiene que ser más limpio, sino que también tiene que ser seguro y rentable. El reciclaje de litio permite reducir la explotación al medio ambiente para su extracción, con esto se logra recuperar hasta un 99% de estos importantes elementos, no solo de litio sino elementos como el níquel y cobalto”, asegura Andrea Alzate, fundadora de Altero.

En la metodología

Anexo 11. Evaluación de un go-kart eléctrico con baterías de ion-litio y níquel-hidruro metálico de Álvarez Andrés, e Idrovo Andrés.

Evaluación de un go-kart eléctrico con baterías de ion-litio y níquel-hidruro metálico.
Andrés, Á. C. G. (2020).

equipamiento para go-karts eléctricos proporcionó un kit completo para el campeonato francés de e-karts, el cual incluía un motor Motenergy ME1118 de 4.5 kW de potencia nominal, el controlador SEVCON GEN4 de 48 V, la batería de Ion-Litio y el cargador para todos los competidores [6].

En el Ecuador, el impulso actual hacia el uso de vehículos híbridos y eléctricos por parte del gobierno, mediante la reducción de impuestos sobre esta tecnología [7], genera una amplia expectativa e impulsa al desarrollo local del conocimiento de este campo de la movilidad.

Teniendo como antecedente el trabajo de modificación realizado a un go-kart en la Universidad el Azuay en el que se sustituyó el motor de combustión interna de gasolina por uno eléctrico [8] se presenta la oportunidad de comparar dos fuentes de energía como son las baterías de Níquel-Hidruro Metálico en comparación con baterías de Ion-Litio.

Las baterías de Ion-Litio poseen una mayor densidad energética con respecto a las de Níquel-Hidruro Metálico aproximadamente en un 30% [9]. Se realiza para el presente artículo la comparación entre estas dos tecnologías mediante pruebas de capacidad de aceleración de un go-kart eléctrico.

En el estudio de la dinámica de un automóvil, la capacidad de aceleración está determinada por el tiempo que le toma a un vehículo llegar a determinada velocidad a partir de otra o del reposo, por ejemplo, se mide el tiempo transcurrido para que el vehículo alcance la velocidad de 50 km/h partiendo del reposo [10].

Al aplicar ecuaciones de fuerzas sobre el vehículo en sentido longitudinal, aparecen en primer lugar fuerzas resistivas y en oposición a estas fuerzas resistivas, está el esfuerzo tractor proporcionado por el motor. Si el esfuerzo tractor supera a las fuerzas resistivas habrá una fuerza neta que impulsará al vehículo con un movimiento uniformemente acelerado [11].

Siendo el objeto del presente estudio determinar la capacidad de aceleración, se utiliza una relación de transmisión fija y se justifica la aplicación de una relación de transmisión de reducción con el fin de ganar un mayor torque inicial, sacrificando la velocidad final que el vehículo podría llegar a alcanzar.

Por último, con la aplicación un modelo matemático de dinámica vehicular ajustado a las características de los componentes empleados en las pruebas de capacidad de aceleración como son principalmente el motor, las baterías, y las características físicas del go-kart, se pretende demostrar en que proporción es superior una tecnología de baterías con respecto a la otra de una manera teórica que sustente los resultados de las pruebas físicas.

II. MATERIALES Y EQUIPOS

A. Chasis

El chasis sobre el cual se trabaja es un FA Victory MA15 equivalente a un Original Tony Kart Racer 40 y en el que se realizaron las adecuaciones necesarias para que sea posible montar, tanto las baterías de Níquel-Hidruro Metálico, como las de Ion-Litio, de tal manera que los elementos de control estén ubicados de una manera segura para el conductor y para el funcionamiento del vehículo Fig. 1.

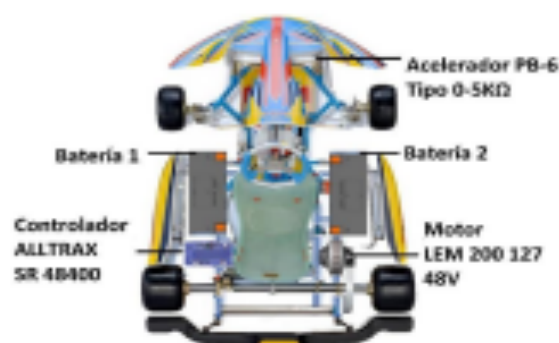


Fig. 1 Disposición de elementos en el chasis.

B. Baterías

Tal como puede apreciarse en la Fig. 2, las baterías de Ion-Litio tienen una mayor densidad energética, y energía específica con respecto a las baterías de Níquel-Hidruro Metálico. Estos dos tipos de baterías serán utilizados en las pruebas de capacidad de aceleración del presente artículo.

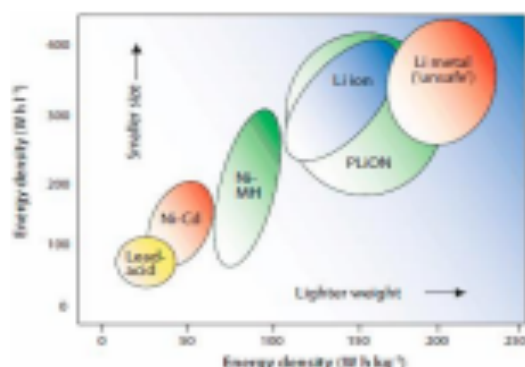


Fig. 2 Densidad de energía volumétrica en función de la densidad de energía másica de las baterías recargables [9].

1) *Baterías de Ion-Litio:* (Terminal positivo de aleación de níquel, manganeso y cobalto (NMC) y terminal negativo de grafito natural). Obtenidas de "Samsung SDI ESS 192S1P

Anexo 12. Anuarios 2023 de Aeade

Anuarios. (s/f). Aeade.net.

En los últimos años, la oferta de financiamiento vinculada con el sector automotor ecuatoriano se diversificó con el fin de ofrecer alternativas que se adapten mejor a los requerimientos de los clientes. En el contexto de un mercado que en 2023 experimentó una contracción del 2%, las empresas del ramo tuvieron suertes distintas.

A pesar de que el menor movimiento comercial relacionado con la inseguridad frenó las inversiones, deterioró el perfil crediticio y condicionó la capacidad de endeudamiento de muchos clientes, Banco Pichincha registró un crecimiento del 14,23 % en su división de financiamiento automotor debido a que el volumen de aprobaciones creció.

El aumento de los requerimientos de crédito también le permitió incrementar su participación en ese mercado. Todo esto a pesar de que la menor disponibilidad de liquidez en el país tuvo un impacto directo en el consumo.

Esta realidad también complicó la recuperación de cartera. Sin embargo, gracias a la implementación de estrategias como reestructuraciones de deuda y diferimientos, la entidad cerró el año con una cartera vencida del 4,31 %, que es una de sus mejores cifras históricas.

Según Juan Francisco Baca, gerente de Negocio Automóvil de Banco Pichincha, la institución siempre procura impulsar el crecimiento de sus clientes, incluso en escenarios adversos. Por eso mantuvo estables las condiciones del crédito de su producto estándar e implementó ciertas mejoras, como la reducción de la cuota inicial y tasas de intereses segmentadas. También optimizó los mecanismos de pago al permitir precancelaciones y abonos de capital sin penalizaciones.

Baca confía en que esa división del banco también tendrá un desempeño positivo en el transcurso de 2024, pese a la previsión de que la falta de liquidez se mantendrá y que el sector automotor decrecerá un 5 %.

La compra programada tuvo altibajos

En cuanto a la compra programada de vehículos, por segundo año consecutivo este sector mostró una contracción al comercializar un 9 % menos de planes respecto del 2022. De las cinco compañías que forman parte de la Cámara de Empresas de Compra Programada (Aescop), solo Chevyplan y Consorcio Pichincha (Condelpi) registraron crecimientos del 2 % y 4 %, respectivamente.

A criterio de Arturo Jaramillo, gerente de Condelpi, la inestabilidad política y la inseguridad representaron un freno a las inver-

siones, especialmente en las provincias donde lo segundo tuvo mayor incidencia.

Sin embargo, las estrategias implementadas para promocionar los productos y así llegar a más segmentos se orientaron a las grandes ciudades, con el resultado esperado. Gracias a ello, Condelpi también logró ampliar su participación de mercado a un 34,6 %.

Jaramillo sostiene que, desde el punto de vista financiero, la compra programada es la mejor manera de adquirir un vehículo por el ahorro que representa al final del plazo. No obstante, también reconoce que la cultura inmediatista del consumidor ecuatoriano para adquirir un bien hace que esta opción se ubique por debajo de los métodos tradicionales, como el crédito automotor o el crédito de consumo.

Aun así, su todavía baja penetración en el mercado del financiamiento deja un gran espacio de crecimiento para esta actividad, en la que el promedio de las tasas de interés se ubica entre el 3 % y el 5 % anual, frente al 15 % del financiamiento tradicional.



35

Las ventas de vehículos caen 1,3 % en 2023 por el desempeño del segundo semestre



Anexo 13. Manual de usuario Toyota Highlander Hybrid de Toyota.

Manual de usuario Toyota Highlander Hybrid (2023) (572 páginas). (s/f). Manual.ec.

Toyota Highlander Hybrid (2023) especificaciones

A continuación encontrará las especificaciones del producto y las especificaciones del manual del Toyota Highlander Hybrid (2023).

El Toyota Highlander Hybrid (2023) es un SUV híbrido de tamaño grande que combina un motor de gasolina y un motor eléctrico para ofrecer una mayor eficiencia de combustible y una menor emisión de gases. Su transmisión variable continua (CVT) le brinda una conducción suave y silenciosa, mientras que su sistema de tracción en las cuatro ruedas lo hace ideal para conducir en diferentes terrenos.

Con capacidad para hasta 8 pasajeros, la Highlander Hybrid tiene un amplio espacio para la cabeza, las piernas y el almacenamiento de equipaje. Además, cuenta con características de seguridad avanzadas, como el sistema de seguridad Toyota Safety Sense 2.5+, asistente de mantenimiento de carril y control de crucero adaptativo.

En cuanto a tecnología, dispone de una pantalla multimedia táctil de 12.3 pulgadas compatible con Apple CarPlay y Android Auto, sistema de sonido JBL con 11 altavoces y una cámara de visión trasera.

En cuanto a su diseño, la Highlander Hybrid cuenta con líneas elegantes y una parrilla frontal que acentúa su presencia en la carretera.

Anexo 14. Manuales y guías de Kia Ecuador.

Manuales y guías. (s/f). Kia Ecuador.

Modelos Compra tu Kia Postventa



Descubre Kia Seminuevos | Personaliza tu Kia



Anexo 15. Reutilización de las Baterías de Tracción de Níquel-Hidreto por Fernández Lenine.

Fernández, L (2021). *Reutilización de las baterías de tracción de níquel-hidreto metálico (NiMH) en la generación de energía alternativa para un taller automotriz* [Título profesional, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio Académico de la Universidad Internacional del Ecuador.

16

2.2.1. Baterías de Tracción / Acumuladores Electroquímicos

En los sistemas fotovoltaicos, el uso de baterías como dispositivo de almacenamiento se hace necesario para abarcar a la demanda durante las noches, días lluviosos o nublados o con baja irradiación solar.

Una batería se define como un conjunto de celdas, conectadas en serie o paralelo, que tienen la capacidad de almacenar energía eléctrica en la forma de energía química por medio de un proceso de oxidación y reducción en su interior (Tavares, P. & Galdino, 2014).

La batería de tracción, es la responsable por almacenar y suministrar energía de alto voltaje que será suministrada al vehículo. Está dividida en celdas, constituidas por paquetes de placas positivas y negativas, conectadas en serie, donde se suman las tensiones de cada una para obtener la tensión deseada al final (Ros Marini & Barrera D., 2017).

Actualmente, los acumuladores electroquímicos más utilizados son de Chumbo-ácido (Pb), pero las de Níquel-Cadmio (NiCd), de Níquel-Hidreto Metálico (NiMH), y las de ion de Litio (Li-ion) ofrecen mayor eficiencia, durabilidad, y mayor profundidad de descarga.

BMW Group y Toyota Motor Company que emplea los módulos de las baterías de tracción, que son inviables para la aplicación automotriz y las reutiliza como fuente de almacenamiento estacionario de energía eléctrica captada por celdas fotovoltaicas y/o generadores eólicos.

Figura 5
Datos Técnicos de Catálogos de Baterías Recargables

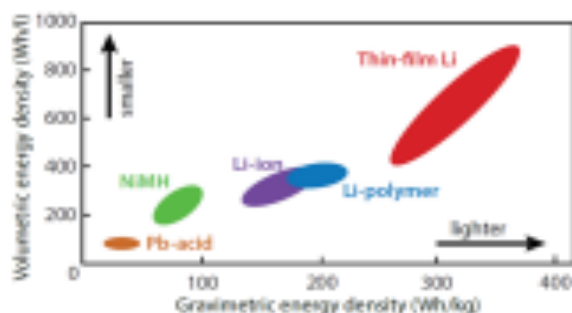
Tecnología	Electrolito	Densidad Energética [Wh/kg]	Densidad Energética [Wh/L]	Eficiencia η_{ox} [%]	Vida útil [años]	Vida cíclica [ciclos]	Temperatura de operación		Aplicaciones típicas (ejemplos)
							Carga padrón [°C]	Descarga [°C]	
Chumbo-ácido ¹ (Pb-ácido)	H ₂ SO ₄	20–40	50–120	80–90	3–20	250–500	–10 a +40	–15 a +50	Uso estacionario, tracción, automotriz
Níquel-Cadmio (NiCd)	KOH	30–50	100–150	60–70	3–25	300–700	–20 a +50	–45 a +50	Mismo tipo de aplicaciones de las baterías chumbo-ácido, herramientas, vehículos eléctricos
Níquel-hidreto metálico (NiMH)	KOH	40–90	150–320	80–90	2–5	300–600	0 a +45	–20 a +60	Notrebooks, celulares, cámaras fotográficas, vehículos eléctricos e híbridos, brinquedos
Ion de Litio (Li-ion, Li-polímero)	Polímeros orgánicos	90–150	230–330	90–95	–	500–1000	0 a +40	–20 a +60	Notrebooks, celulares, filmadoras, smart cards, vehículos eléctricos e híbridos

Fuente: Luque & Hegedus, 2011

demás tecnologías están en constante innovación y representan un alto costo de fabricación (Delft University of Technology, 2014).

Figura 31

Comparación entre las Distintas Tecnologías Aplicadas a las Baterías



Fuente: Delft University of Technology, 2014

4.2.2.2. Las Baterías de Hidruro Metálico de Níquel (Ni-MH)

La Corporación Toyota fue la pionera en aplicar baterías recargables a base de níquel, como tecnología de apoyo a los Toyota Prius en los años 90, figurando como precursora de los vehículo eléctricos actuales, posteriormente cediendo espacio para el litio, que aportaba densidad de potencia superior, permitiendo la conducción a largas distancias (Nickel Magazine, 2017).

Actualmente, algunos fabricantes prefieren baterías Ni-MH por su posicionamiento manduro en el mercado, por su confiabilidad, su durabilidad y principalmente el menor costo de fabricación.

El níquel es un elemento metálico de origen natural, se califica como el quinto elemento más abundante del planeta, siendo encontrado en la corteza terrestre y en el núcleo de la tierra. Dentro de sus características físico-químicas se pueden destacar: el alto punto de fusión (1.453 °C), la resistencia a la corrosión y a la oxidación, su ductilidad, su factibilidad de aplicación con distintas aleaciones, su magnetismo a temperatura ambiente, permite depósitos de electrones, tienen propiedades catalíticas, y principalmente, es reciclable,

proporcionando su aplicación en energías renovables como la eólica, la solar, y etc. (Níquel Institute, s.f.).

4.2.2.2.1. Tecnología Ni-MH

La revista Nickel, vol. 32 (2017) define la batería eléctrica como: "...un dispositivo que consta de celdas electroquímicas de dos electrodos: un ánodo, un cátodo y el electrolito." Las baterías de Níquel-Hidreto Metálico aplican como cátodo el hidróxido de óxido de níquel (NiOOH), como ánodo aleaciones absorbentes de hidrógeno (MH) y para el electrolítico utiliza el hidróxido de potasio (KOH). El níquel es esencial para cátodo de las baterías secundarias, incluyendo las de iones de litio.

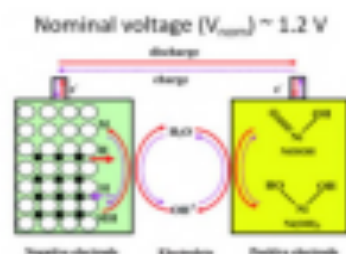
La tecnología NiMH se funda en "la liberación y absorción de hidrógeno (OH^-) por un ánodo de óxido de níquel y un cátodo de hidruro metálico" (Cherry, 2015).

En la Figura 32, se puede apreciar el esquema de funcionamiento de una celda de la batería recargable NiMH. En estado cargado, el electrodo positivo de la batería tiene como material activo el oxi-hidróxido de níquel (NiOOH), y el material activo del electrodo negativo es el metal hidreto (MH). Cuando descargado, el material activo del electrodo positivo es el hidróxido de níquel (Ni(OH)_2), y del electrodo negativo, el metal agregado (M). "El MH almacena hidrógeno reversiblemente, absorbiendo y disolviendo ese reagente cuando la batería es cargada o descargada, respectivamente" (Ambrosio & Ticianelli).

Figura 32
Esquema de Funcionamiento de la Celda NiMH

- Anode (negative)
 - Charged – Metal-hydride (MH)
 - Discharged – Metal (M)
- Cathode (positive)
 - Charged – Nickel oxyhydroxide (NiOOH)
 - Discharged – Nickel hydroxide (Ni(OH)_2)
- Separator – Polyolefin nonwovens
- Electrolyte – Potassium hydroxide (30%)

Fuente: Nanthakumar, 2018



En materiales

Anexo 16. Todo sobre autos eléctricos: la guía completa por Enerlink.

Todo sobre autos eléctricos: la guía completa. (s/f). Enerlink.com.

Baterías de níquel-metal hidruro (NiMH)

Las baterías de níquel-metal hidruro se utilizan en vehículos híbridos debido a su mayor eficiencia y menor toxicidad en comparación con las baterías de níquel-cadmio utilizadas en modelos anteriores de estos vehículos.

La ausencia de cadmio en las baterías de NiMH es un avance significativo en términos de seguridad y sostenibilidad, lo que las convierte en una opción ideal para su uso en flotas de transporte público que requieren una alta utilización diaria de manera respetuosa con el medio ambiente.

Aunque las baterías de níquel-metal hidruro no pueden almacenar tanta energía en el mismo espacio como las de iones de litio, ellas tienen una vida útil más larga y son más eficientes que las baterías de plomo-ácido en términos de almacenamiento y suministro de energía. Esto se traduce en un ahorro económico a largo plazo, especialmente en flotas de vehículos que requieren un uso intensivo diario.

Un ejemplo de la utilidad de las baterías de NiMH en el sector del transporte público es la empresa de autobuses híbridos de la ciudad de Seattle, en Estados Unidos. Esta flota de autobuses las utiliza debido a su capacidad de carga rápida, durabilidad y capacidad para tolerar condiciones variables de temperatura.

Baterías de iones de litio

Las baterías de iones de litio pueden almacenar mucha energía en poco espacio, lo que significa que el carro puede recorrer distancias más largas sin la necesidad de cargarlas con frecuencia. Es por ello que se utilizan ampliamente en este tipo de vehículos.

Para los dueños de este tipo de vehículo, las baterías de iones de litio y su alta capacidad de almacenar energía les permiten disfrutar de una mayor autonomía y recorrer distancias más largas sin cargar la batería con frecuencia. Además, ellas tienen una larga vida útil, lo que implica menos preocupación por reemplazarlas con frecuencia y un mayor ahorro.

En el sector de renta de carros, estas baterías son altamente valoradas debido a su capacidad de carga rápida. Esto permite que los vehículos estén disponibles para los clientes en poco tiempo después de su devolución, aumentando así la eficiencia y la disponibilidad de la flota de alquiler.

En el ámbito del transporte público, lo importante es lograr una mejora en la cobertura de rutas y una reducción de las emisiones contaminantes, ventajas significativas que este tipo de batería ofrece.

Para el transporte privado, las baterías de iones de litio se traducen en una mayor eficiencia y productividad, ya que permiten realizar más viajes antes de tener que recargar nuevamente. Esto es especialmente beneficioso para conductores de servicios de transporte como taxis o conductores de aplicaciones de viajes compartidos.

Anexo 17. Ecuador impulsa reciclaje de baterías de vehículos por Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

Ecuador impulsa reciclaje de baterías de vehículos – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (s/f). Gob.ec.

Ecuador impulsa reciclaje de baterías de vehículos



Ecuador impulsa reciclaje de baterías de vehículos

Boletín N° 349
06 de septiembre de 2021

Gustavo Manrique, ministro del Ambiente, Agua y Transición Ecológica oficializó hoy el Acuerdo Ministerial 034 sobre el "Instructivo para la aplicación de la responsabilidad extendida del productor (REP) en la gestión integral de baterías ácido plomo usadas (BAPU)", con la finalidad de prevenir la contaminación ambiental y posibilitar la utilización racional de los recursos naturales. El evento se desarrolló en las instalaciones del Gobierno Zonal de Guayaquil.

El objetivo del documento es determinar las disposiciones, requisitos y lineamientos ambientales para la gestión integral de baterías, desde su producción o importación, generación, recolección, transporte y almacenamiento.

En el marco de la firma de este documento, el Ministro Manrique destacó la gestión que se ha llevado a cabo durante estos primeros 100 días por parte de esta cartera de Estado, además enfatizó que con la firma de este Acuerdo los importadores de baterías estarán comprometidos con el reciclaje y el impulso a la Economía Circular.

El Presidente Ejecutivo de Tecnova, Alvaro Heinert, indicó que las empresas que forman parte del grupo se destacan por el esfuerzo colectivo para definir y coordinar la ejecución de este plan de gestión. "Siendo las baterías un componente esencial para la movilidad humana, estas no dejan de ser un recurso sensible que debe manejarse de manera ambientalmente responsable", dijo.

El evento contó con la participación de representantes de empresas privadas del sector automotriz, quienes fueron testigos de este importante evento, entre ellas, Fabribat, Tecnova, Dacar, Antonio Pino Ycaza, Conauto, Importadora Andina, y Fundametz.

Dato: La inadecuada disposición de baterías y pilas representa un grave problema ambiental y de salud, como ejemplo, se sabe que una sola pila de reloj puede llegar a contaminar 600 mil litros de agua, en el caso de las baterías ácido plomo usadas, que son un tipo de batería utilizada comúnmente en automóviles, pueden liberar plomo que es altamente tóxico para el ser humano y el ambiente.

Dirección de Comunicación
Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

Anexo 18. *La batería que surge del reciclaje en Baterías Ecuador por Revistalideres.ec.*

La batería que surge del reciclaje en Baterías Ecuador. (s/f). Revistalideres.ec.



Dos empleados de Baterías Ecuador revisan el producto en la planta de producción, que está ubicada en la vía E-35, al oriente de Quito, cerca de Píntag.
Fotos: Pavel Calahorrano / LÍDERES

La batería que surge del reciclaje en Baterías Ecuador

Lecturas: 6368

8 de mayo de 2017 11:25

Lo que hoy es **Baterías Ecuador** es resultado de un trabajo planificado y sostenido de la familia Rubio, que encontró la fórmula para relanzar la empresa, recuperar la marca y convertirla, hoy en día, en protagonista del sector autopartista ecuatoriano.

La **empresa** nació en 1956 y fue de las primeras firmas nacionales en elaborar baterías para vehículos. Los fundadores mantuvieron la línea hasta mediados de la década de 1980, hasta que por los cambios de tecnologías se dejó de producir las baterías.

En la década de 1990, la familia Rubio adquirió la empresa y dio paso a una segunda etapa de esta marca, valorada en la industria automotriz ecuatoriana. Así fue como **Baterías Ecuador** retomó la fabricación de baterías y poco a poco fue recuperando la confianza del mercado. Galo Rubio hijo cuenta que las inversiones permitieron relanzar el producto.

Lo primero que se hizo fue comprar maquinaria para instalar una planta de producción de 4 000 metros cuadrados, ubicada en Carcelén, en el norte de Quito. Allí trabajaban 150 personas.

La meta, en ese entonces, era tener un suficiente volumen de producción que permita ganar peso en el mercado. Allí se producían -en 1992- cerca de 5 000 baterías al mes. Rubio cuenta que la marca aún tenía recordación entre distribuidores y clientes. "Eso nos sirvió para tener presencia, el apoyo de los distribuidores fue clave".

El siguiente reto era contar con la materia prima -el plomo- a precios competitivos. En un principio, el plomo se importaba desde Perú, pero esto hacía que la rentabilidad sea limitada. Por eso, la empresa diseñó un modelo de negocio en el que el reciclaje de **baterías** es el núcleo.

Desarrollar el proceso de reciclar tomó su tiempo y arrancó en el 2010, cuando la empresa ya estaba operando en sus nuevas instalaciones, en la vía E-35 al oriente de Quito. "Con el nuevo modelo los costos bajaron y empezamos un proceso con un alto componente ambiental".

Baterías Ecuador contó con el apoyo del Municipio de Quito y elaboró un modelo efectivo. Los camiones que reparten las baterías nuevas en los puntos de venta y de distribución regresan a la planta con baterías viejas.

Hoy en día, la empresa ecuatoriana tiene dos canales para colocar sus productos. El 85% de las baterías que produce se mueve por su red de distribuidores. El 15% restante va para ensambladoras de autos como **Aymesa**, en **Quito**, y **Ciauto**, en **Ambato**.

El titular de Ciauto, Pietro Pilo Pais, cuenta que la **ensambladora** trabaja desde hace dos años con Baterías Ecuador, en los vehículos de la marca Great Wall. En ese tiempo no se ha registrado ningún problema, dice Pilo Pais.

Otro testimonio es el de Rolando Rivera, gerente de Importaciones **Full Energy**. Él distribuye el producto Baterías Ecuador desde el 2007. "La calidad del productos hace que sea de las más vendidas en el país hoy en día". Rivera añade que la empresa ha perfeccionado el modelo de distribución y la atención al cliente. "Solucionan con agilidad cualquier inconveniente", dice Rivera, quien distribuye el producto en Pichincha, Santo Domingo, Carchi, Napo...

Los retos para la empresa de la familia Rubio continúan. El más cercano es enfrentar la contracción de las ventas del sector automotor de los últimos tres años. "Nosotros recién sentiremos ese bajón este año y el siguiente por que las baterías de vehículos se cambian cada dos años, en promedio". El crecimiento de este año y el siguiente, por ejemplo, será de 1% o 2%, menor al 5% que crecía la empresa hasta el 2016.

Para eso la firma ya tiene un plan que pondrá énfasis en la parte comercial y en los distribuidores. Además sigue con las inversiones. En los próximos cinco años planea destinar USD 3,5 millones para ampliar la capacidad de producción. "La hacemos -dice Rubio- porque creemos en el país".

Subgerente Galo Rubio

Una de las claves para crecer es el sistema socialmente responsable de controlar los residuos. Eso favorece la cadena de distribución y reduce los costos de la empresa, lo que nos permite ser más competitivos. En este modelo es vital el trabajo de recolectar baterías viejas y tratarlas en nuestra planta, para aprovechar el plomo que tienen. Todo ese proceso se controla al detalle. Hoy por hoy, el 100% de la materia prima es producto reciclado. Al reciclar controlamos la calidad de la baterías.

En herramientas

Anexo 19. *ISREAL, & 以力數位行銷有限公司. (s/f). 關於我們 por JTC Auto Tools*

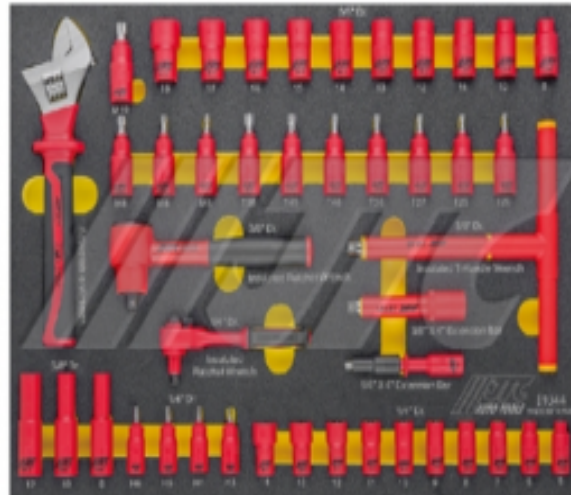
ISREAL, & 以力數位行銷有限公司. (s/f). 關於我們. Com.tw.



JTC-I1044 絕緣組套-1抽44PCS

數量

 加入購物車



Description

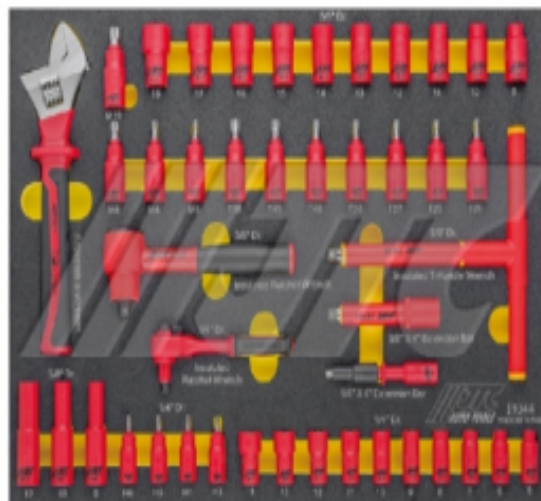
Contenido:

- 10 casquillos aislados de 1/4": 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 mm.
- 4 vasos de punta hexagonal aislados de 1/4": H3, H4, H5, H6.
- 1 llave de trinquete aislada de 1/4 "-150 mm
- 1 barra de extensión de liberación rápida aislada de 1/4"-4"
- 10 casquillos aislados de 3/8": 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19 mm.
- 3 vasos profundos aislados de 3/8": 8, 10, 12 mm.
- Vaso con punta de estrella aislado de 3/8" de 7 piezas: T20, T25, T27, T30, T40, T45, T50
- 4 vasos con punta aislada de 3/8": M5, M6, M8, M10
- 1 llave de trinquete aislada de 3/8 "-200 mm
- 1 llave con mango en T aislada de 3/8"
- 1 barra de extensión aislada de 3/8"-4"
- 1 llave ajustable aislada de 10 pulgadas.

JTC-I1044 絕緣組套-1抽44PCS

數量

 加入購物車



Description

Contenido:

- 10 casquillos aislados de 1/4": 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 mm.
- 4 vasos de punta hexagonal aislados de 1/4": H3, H4, H5, H6.
- 1 llave de trinquete aislada de 1/4 "-150 mm
- 1 barra de extensión de liberación rápida aislada de 1/4"-4"
- 10 casquillos aislados de 3/8": 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19 mm.
- 3 vasos profundos aislados de 3/8": 8, 10, 12 mm.
- Vaso con punta de estrella aislado de 3/8" de 7 piezas: T20, T25, T27, T30, T40, T45, T50
- 4 vasos con punta aislada de 3/8": M5, M6, M8, M10
- 1 llave de trinquete aislada de 3/8 "-200 mm
- 1 llave con mango en T aislada de 3/8"
- 1 barra de extensión aislada de 3/8"-4"
- 1 llave ajustable aislada de 10 pulgadas.

JTC-I3018 絕緣組套-3抽18PCS



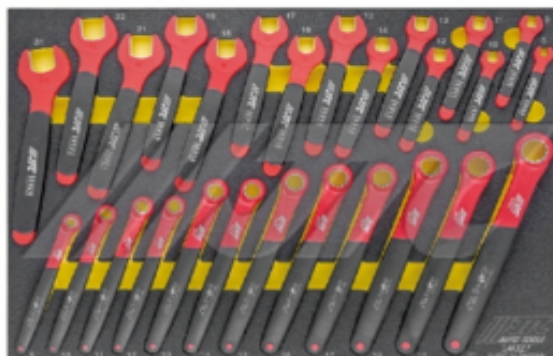
數量

加入購物車

Description

- Contenido:
- Destornillador aislado de 8 piezas: SL2.5x75mm, SL4x100mm, SL5.5x125mm, SL6.5x150mm, PH0X60mm, PH1x80mm, PH2X100mm, PH3x150mm
- 10 destornilladores de tuerca aislados: 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14 mm.

JTC-I4027 絕緣組套-4抽27PCS



數量

加入購物車

Description

Contenido:

- 15 llaves de boca aisladas: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24 mm.
- 12 llaves acodadas aisladas: 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21 mm.

En resultados y discusión

Anexo 20. *Vista de Reciclaje de baterías de Ion-Li, una necesidad presente y futura* por Suárez Karina

Vista de Reciclaje de baterías de Ion-Li, una necesidad presente y futura. (s/f).

Unam.mx.

REVISTA MATERIALES AVANZADOS
NÚMERO: 40

84



NÚMERO 40 | enero-Junio 2024
ISSN: En trámite
Pag. 84-92

Reciclaje de baterías de Ion-Li, una necesidad presente y futura

Karina Suárez Alcántara

Unidad Morelia del Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM
Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701 Col. Ex-Hacienda de San José de la Huerta.
C.P. 58190 Morelia, Michoacán, México

Resumen

En los últimos años, se ha disparado la atención del litio (Li) como recurso natural en México. Esto es el resultado de la fuerte demanda del Li en las baterías de ion-Li, todo lo relativo a la electromovilidad (automóviles eléctricos) y a los recientes descubrimientos de depósitos de Li en México. En este trabajo se presentan datos relevantes del Li y de su principal uso como componente en las baterías de ion-Li. Sin embargo, más allá de su uso principal, se quiere alertar o hacer conciencia de la necesidad presente y futura del reciclaje del Li. Se abordan los principales retos para el reciclaje de baterías de Li. También se presenta un resumen de las principales técnicas disponibles hoy en día para el reciclaje de baterías de Li, así como algunos de sus pros y contras.

Palabras Clave

Reciclaje de baterías, baterías de ion-Li, sustentabilidad.

Primero que nada, **¿Qué es el Litio?** El litio es un elemento químico (Li) que se creó durante los primeros minutos después del

Big-Bang. Fue identificado como un elemento químico en 1817 por los químicos suecos Johan August Arfwedson y Jöns Jacob Berzelius. Era como una versión más ligera que el sodio (Na), por lo que rápidamente se le identificó como un nuevo metal alcalino. Le llamaron litio (*litium* en sueco, *lithium* en inglés) por la raíz griega *lithos* que significa roca. La roca que contenía el litio fue sacada de una mina de la isla Utö, cerca de Estocolmo, Suecia.

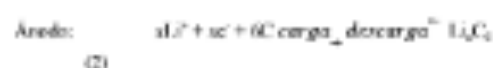
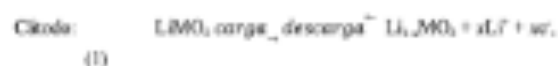
¿Qué son? Y ¿cómo funcionan las baterías de ion-Li?

Las baterías de ion-Li son dispositivos electroquímicos de almacenamiento de energía, aprovechan la movilidad e inserción reversible de iones Li^+ en distintos materiales. Son recargables y tienen la mayor densidad de energía en comparación con otro tipo de baterías. Esto quiere decir que almacenan mucha energía y son de poco peso; a diferencia, por ejemplo, de los acumuladores de plomo, que pesan mucho. Hoy en día, la tecnología está fuertemente ligada a las baterías de ion-Li. Los relojes inteligentes, juguetes, celulares, laptops, automóviles

eléctricos, etc., usan baterías de ion-Li. En la Figura 1 se muestra de forma esquemática el principio de operación de las baterías de ion-Li más comunes. Como cualquier sistema electroquímico, las baterías de ion-Li cuentan con un ánodo, un cátodo y un electrolito. El ánodo es una hoja de cobre recubierta de una mezcla de grafito y aditivos. El cátodo es una hoja de aluminio cubierta con materiales que contienen litio, como el LiCoO_2 (óxido de cobalto (III) litio), y aditivos. El electrolito está constituido de solventes orgánicos y LiPF_6 (hexafluorofosfato de litio). El separador es un polímero no conductor eléctrico. El separador evita el contacto directo entre el ánodo y cátodo al interior de la batería, evita el corto circuito. En una forma muy resumida, el principio de operación de una batería de ion-Li es el siguiente: Durante la carga (circuito azul en la Fig. 1) hay que aplicar un cierto voltaje, es decir hay que conectar nuestra batería a la red eléctrica. Esto propicia un movimiento de electrones entre los colectores de corriente de cobre y aluminio, y simultáneamente, los iones Li^+ son desprendidos de un compuesto rico en

Li como el LiCoO_2 . El Li^+ se mueve a través del electrolito para llegar al otro electrodo (grafito) para intercalarse en él. Durante la descarga (circuito rosa en la Fig. 1), los iones Li^+ regresan al compuesto rico en Li. Durante este proceso los electrones regresan por el circuito externo, y hacen que nuestro aparato electrónico funcione. En este proceso se "libera" la energía que habíamos almacenado previamente durante la carga de la batería.

Las reacciones electroquímicas de carga y descarga de las baterías ion-Li más comunes son:



M = metales como cobalto (Co), níquel (Ni), manganeso (Mn), hierro (Fe), etc., x = contenido estequiométrico variable. Es necesario mencionar que hay una gran variedad de materiales y, por lo tanto, las reacciones electroquímicas particulares pueden variar.

Las baterías de ion-Li no son nuevas, ya tienen su historia

Las investigaciones en ciencia básica en materiales y electroquímica llevaron a que en 1979 se crearan las baterías de ion-Li. A tres investigadores, John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham y Akira Yoshino, se les atribuye la creación de las baterías de ion-Li. En 1991 Sony lanzó la batería de LiCoO_2 /grafito, lo que inició la industrialización y

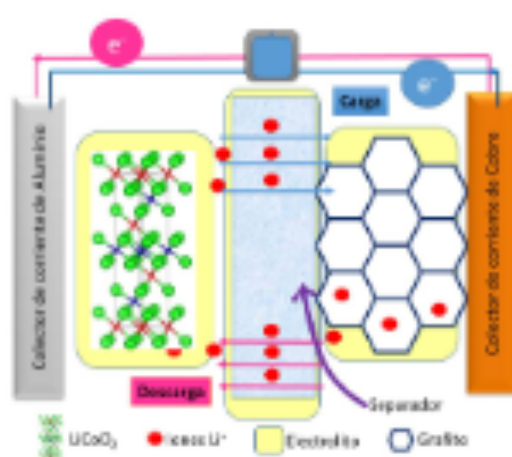


Figura 1. Representación esquemática de una batería de ion-Li

comercialización de este tipo de baterías. El número de baterías de ion-Li gastadas (de desecho) está creciendo desde ese entonces. En 2019, la Academia Sueca de Ciencias otorgó el premio Nobel de Química a John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham y Akira Yoshino.

En un principio, se puede pensar que usar baterías de ion-Li es más ecológico (por ser recargables) que las baterías desechables como las alcalinas. Sin embargo, el uso de baterías de ion-Li supone un problema medio ambiental grave: las baterías de ion-Li contienen materiales altamente contaminantes, que actualmente no se están reciclando. En el mejor de los casos, las baterías de ion-Li se confinan, en el peor de los casos, las baterías se van a los tiraderos, donde los componentes pueden generar una gran contaminación ambiental en la tierra, agua y aire.

Por otro lado, hay que tener en cuenta algunos datos importantes de la producción y uso de baterías de ion-Li [1] [2] [3]:

- Las baterías de ion-Li de desecho son consideradas como residuos peligrosos. Los materiales principales de las baterías de ion-Li son Li, metales pesados, solventes orgánicos y plásticos no reciclables. Una batería de ion-Li está compuesta aproximadamente por 5-20 % cobalto, 5-10 % níquel, 5-7 % litio, 15 % compuestos orgánicos (solventes y grafito) y 7 % plástico. La composición específica varía de acuerdo al fabricante.
- El mayor consumidor de los componentes de las baterías de ion-Li es China, por su puesto, en su papel como productor de baterías para todo el mundo.
- A la fecha, ningún tipo de baterías se

fabrican en México.

- Durante el periodo 2015-2018 se observó un incremento anual del 24 % de la producción de baterías de ion-Li.
- Se espera un aumento de al menos 5 veces la producción en esta década (2020-2030), en particular por la llegada del automóvil eléctrico a baterías de ion-Li. Algunos estudios señalan incluso un incremento de 10 veces sobre la producción actual.
- El Li no se encuentra libre en la naturaleza, se encuentra principalmente en minerales o como sales de Li (en salmueras). Los lugares donde abunda el Li son: Salar de Atacama en Chile, Salar de Uyuni en Bolivia, además de China, Argentina, y Australia, principalmente.
- En México se localizaron yacimientos de litio en Sonora.
- Los procesos industriales en minas y salares usualmente se enfocan en producir Li_2CO_3 (carbonato de litio) para ser usado como materia prima en otras industrias, como la cerámica, farmacéutica y baterías. En el caso de baterías, se deben realizar procesos químicos a partir de Li_2CO_3 para producir óxidos de Li con Co, Mn o Fe (LiCoO_2 , Li_xMnO_2 , etc.).
- La vida útil de una batería de ion-Li es de entre 3 y 8 años, dependiendo de la aplicación y del grado de sustitución de la tecnología. Es decir, las baterías de ion-Li se desechan principalmente porque cambiamos nuestros aparatos, no porque dejen de funcionar propiamente. ¿Cada cuando cambias de celular?
- Al ritmo del consumo y el bajo nivel de reciclaje actual, se estima que las reservas mundiales de Li se agotarían aproximadamente para el 2050-2055.
- Se estima que solo el 3 % de las baterías de ion-Li se reciclan a nivel mundial.

- Actualmente, la mayoría de las baterías de ion-Li de desecho se confinan o se queman. Ambas opciones suponen contaminación ambiental de la tierra, agua y aire.
- Los contenidos de metales Li, Co y Ni en los desechos de baterías son más altos que en los minerales y salares de origen. Por lo que los desechos de baterías pueden ser una fuente atractiva de estos metales.
- Se estima que solamente el reciclaje de cobalto y níquel para la producción de nuevos cátodos llevaría al ahorro del 51.3 % en recursos naturales (minerales) y 45.3 % en combustibles fósiles.
- El reciclaje adecuado de las baterías de ion-Li está en desarrollo, aún no se ha encontrado un procedimiento industrial eficiente y barato.

Principales componentes de las baterías de ion-Li y retos de su reciclaje

Ánodo: El ánodo es una hoja de cobre recubierta con una mezcla de grafito, aglutinantes y electrolito, como materiales más comunes. Sin embargo, en baterías antiguas pueden existir otros materiales activos de electrodo que incluyen titanato de litio ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$), aleaciones litio-silicio (Li_xSi_y) o incluso Li masivo. Es decir, el reciclaje tiene que contemplar la posible mezcla de diferentes materiales. El cobre es un material comúnmente reciclable, pero en el caso de las baterías de ion-Li su reciclaje es complicado, debido a que las láminas de cobre son sumamente delgadas (más delgadas que una hoja de papel convencional) y se rompen fácilmente. Otro problema es que la mezcla de grafito y electrolito se queda pegado a la lámina de cobre. Para separar los componentes es necesario raspar,

moler, aplicar ultrasonido o quemar todo el residuo, lo que implica altos costos, uso de energía y contaminación para reciclar "un poco" de cobre. Por otro lado, como no se puede asegurar que todas las baterías de ion-Li que se someten a reciclaje estén totalmente descargadas, siempre existe Li residual en el ánodo. Este Li-residual, en términos prácticos, se pierde.

Cátodo: Actualmente, el cátodo consiste de una hoja delgada de aluminio que se recubre con una capa del material activo impregnado con el electrolito. Los materiales activos pueden ser fosfato de hierro litio (LiFePO_4), óxido de manganeso litio (LiMn_2O_4), óxido de níquel litio (LiNiO_2), fosfato de hierro litio (LiFePO_4) y óxido de cobalto litio (LiCoO_2). Siendo este último el material base por excelencia usado actualmente. Sin embargo, nuevos materiales con sustitución parcial del segundo metal se han propuesto, por ejemplo $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ [4], $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}\text{O}_2$, o $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{O}_2$. La lámina de aluminio recubierta con los materiales activos también es sumamente delgada y frágil. Esto dificulta una separación selectiva usando únicamente métodos mecánicos. Sucede que el cátodo se rompe, pero no se separan el Al y el material activo. Por este motivo es común la propuesta de usar solventes orgánicos, ácidos o bases para extraer de forma química iones de Li^+ , Co^{2+} , Co^{3+} , etc. La rentabilidad económica y ecológica de este método es cuestionable, por el uso de reactivos químicos y la generación de otros residuos. Es decir, no se deben de generar más residuos de los que se está tratando de reciclar. El LiCoO_2 es altamente tóxico, causa reacciones alérgicas en la piel y se sospecha de que pueda generar cáncer. El manejo de cobalto y sus iones debe ser especialmente delicado, pues son

altamente permeables en la piel, pueden causar lesiones en los pulmones y en el tracto gastrointestinal y son cancerígenos.

Electrolito: Los materiales de electrodo y el separador están impregnados de una mezcla de solventes orgánicos y de una sal de litio. Típicamente, el electrolito se compone de mezclas de solventes orgánicos (como carbonato de etileno, dimetil carbonato, etil-metil carbonato o dietil carbonato) con hexafluorofosfato de litio (LiPF_6), tetrafluoroborato de litio (LiBF_4) o perclorato de litio (LiClO_4). El electrolito es inflamable, presenta cierto grado de descomposición durante el uso de las baterías y es tóxico y altamente contaminante. El electrolito de las baterías usadas se puede recuperar por medio de tratamientos con otros solventes y/o vacío, lo que es también contaminante o necesita alto consumo de energía. La recuperación del solvente puede no suceder, es decir que simplemente “se deja evaporar” el solvente en la atmósfera. El LiPF_6 es altamente contaminante, corrosivo, al contacto con el agua produce ácido fluorhídrico (HF) y óxido de fósforo (V) (P_2O_5) cuando se quema. Por tanto, el electrolito de las baterías de ion-Li supone una importante fuente de contaminación del aire, aun cuando las baterías se sometan a reciclaje para recuperar metales valiosos desde el punto de vista industrial.

Separador: El separador normalmente está hecho de polímeros como fluoruro de polivinilideno (PVDF), polietileno (PE), polipropileno (PP) o composites. Este componente de las baterías de ion-Li es difícil de reciclar, pues se trata de una membrana sumamente delgada que se rompe fácilmente durante el desmantelamiento de las baterías y además queda contaminada por los componentes del cátodo, del ánodo y del electrolito.

Por lo que su destino comúnmente es, en el marco del reciclaje de baterías de ion-Li, la incineración. Actualmente se están desarrollando materiales más avanzados, por ejemplo, los composites de cerámicos conductores. Sin embargo, es probable que no superen el costo/beneficio de los separadores poliméricos.

Aglutinante: Los materiales activos se mantienen prensados a las delgadas hojas de cobre y aluminio por medio del uso de aglutinantes, el más común es el fluoruro de polivinilideno (PVDF).

Carga remanente: Es muy común que las baterías se desechen sin estar totalmente descargadas, esto provoca explosiones y fuegos durante el manejo y disposición de las baterías. El primer paso en el reciclaje de baterías de ion-Li debe ser realizar un proceso de descarga. Esto se hace por motivos de seguridad en los procesos siguientes, más que por recuperar algo de energía. El modo más simple de descargar una batería de ion-Li es poner los contactos de la batería en una solución de electrolitos fuertes (NaCl en agua).

Ensamblaje de las baterías

La estructura en capas de las baterías de ion-Li es bastante flexible, esto permite el ensamblaje de las baterías en forma de rollos cilíndricos o prismáticos (rectangulares) de diferente tamaño, Fig. 2 (a). Los materiales activos están prensados en tiras de aluminio y cobre, que en conjunto con el separador se enrollan (Fig. 2 (b)-(e)). En el extremo más externo se hace el contacto eléctrico de la batería. El rollo de ánodo/separador/cátodo se encuentra protegido por una carcasa metálica y a su vez todo se encuentra dentro de una carcasa de plástico. En esta última

capa se encuentran las indicaciones de uso y disposición como desecho, además de la marca comercial. En la Figura 2 se presentan las partes de una batería de ion-Li, en el proceso de desguace con el objetivo de ser reciclada.

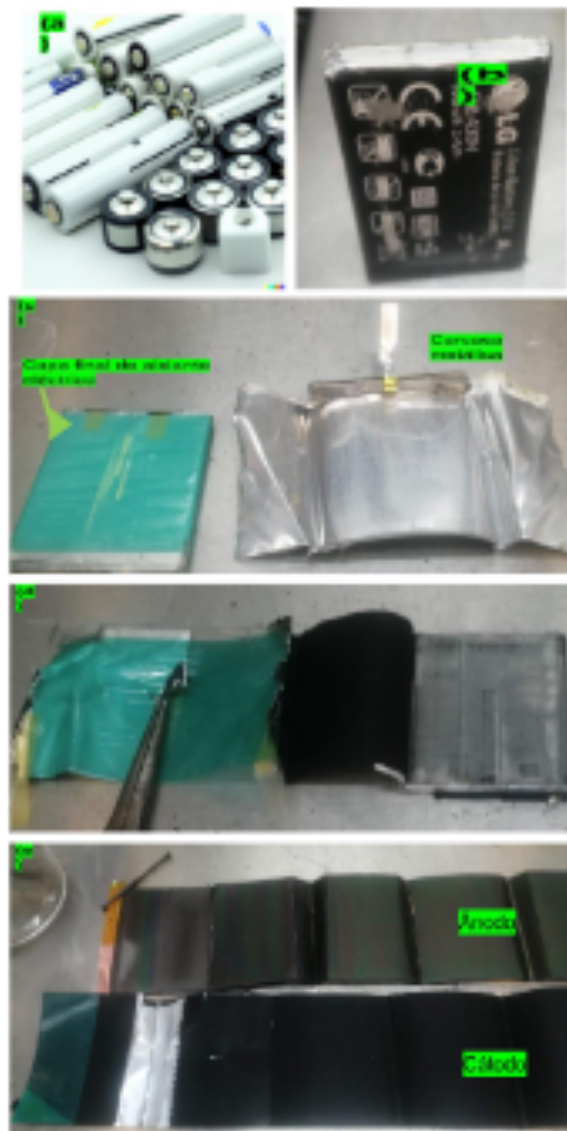


Figura 2. (a) Imagen de una batería de ion-Li generada con inteligencia artificial (DALL·E). (b) Batería de ion-Li de un teléfono celular de desecho. (c) Capa final de aislante eléctrico y carcasa metálica. (d) Inicio del rollo ánodo/separador/cátodo. (e) Ánodo y cátodo ya separados. (f)-(g) Polvos tomados en el laboratorio 1 del IIM-Unidad Morelia.

El reciclaje de las baterías de ion-Li

En general, el reciclaje debe ser tanto económicamente rentable (debe generar ganancias) a la vez que debe ser amigable con el medio ambiente (no generar más residuos o necesitar gran consumo de energía). Así mismo, se deben recuperar tanto los materiales valiosos como aquellos que generan contaminación ambiental. En cuanto al reciclaje de baterías de ion-Li en específico existe poca investigación básica y pocas empresas privadas que han desarrollado sus propios procesos de reciclaje a nivel mundial. Esto último, en comparación con el número de investigaciones en nuevos materiales, aplicaciones y el nivel de comercialización de las baterías de ion-Li. Aunado a esto, el continuo avance en cuanto a materiales de electrodo hace que el reciclaje también se deba de adaptar, es decir, ir cambiando a medida del desarrollo de nuevos materiales de electrodo [5].

El reciclaje de baterías de ion-Li es un proceso complejo que involucra diversos pasos físicos, químicos o biológicos, dependientes o independientes entre sí. Algunos de ellos pueden ser realizados con ayuda de maquinaria especializada, pero también existen procesos manuales. El primer paso, después de la clasificación de baterías y la eliminación de carga residual, es remover la carcasa plástica y metálica que protege a los componentes electroquímicos. Esto se puede realizar de forma manual (desmantelar batería por batería) o bien de forma mecanizada en donde las baterías son fragmentadas en molinos especializados, y posteriormente tamizadas para separar los componentes plásticos, metálicos y polvos (Fig. 3).



Figura 3. Productos del proceso de obtención de polvos del ánodo y cátodo de baterías de ion-Li en el IIM-Unidad Morelia. (a) y (b) ánodos y cátodos cortados manualmente. (c) y (d) polvos de materiales electroactivos recuperados del ánodo y cátodo.

Aquí es necesario hacer un paréntesis y hablar del reciclaje de otro tipo de baterías. Entre las baterías ampliamente utilizadas y recicladas son los acumuladores de plomo (las baterías de los carros) y las baterías alcalinas. El proceso de reciclaje de baterías de plomo está bastante bien estandarizado y es usado a nivel industrial, muchas veces promovido por las mismas empresas que fabrican los acumuladores, talleres automotrices y a veces hasta el talachero de la esquina. El desguace puede ser manual o mecanizado, separando las placas de plomo (Pb) para ser re-fundidas en nuevas placas de Pb. Hay que tener cuidado con el ácido que estas baterías contienen y no contaminar el ambiente con Pb residual. El ácido se debe neutralizar. El proceso de reciclaje de este tipo de baterías es sencillo debido a que la estructura de las baterías de Pb es sencilla y masiva (son grandes bloques de Pb). Es decir hay una diferencia abismal en comparación con las baterías de ion-Li en cuanto a estructura y tamaño de los componentes. En cuanto a las baterías alcalinas, estas normalmente se muelen y son tamizadas para separar plástico y el metal de la carcasa. El material (polvo) remanente está

constituido de zinc (Zn), manganeso (Mn) y potasio (K); elementos que pueden ser usados como abono de cultivos como el maíz. O bien pueden ser separados químicamente y ser usados en otras industrias. Esto quiere decir que hay diferentes objetivos y avances tecnológicos para el reciclaje de los distintos tipos de baterías.

Para el caso de las baterías de ion Li, la recuperación se centra en el Li, Co y Ni. En segundo lugar está la recuperación de grafito (C). La idea principal es separar esos elementos, concentrarlos y finalmente purificarlos para ser reutilizados en nuevas baterías. La Tabla 1 presenta los principales procesos físicos, químicos y biológicos usados o propuestos para ser usados en el reciclaje de baterías de ion-Li. Es de notar que recientemente se ha propuesto el uso de ciertas bacterias para realizar la disolución, oxidación y captura selectiva de los metales como Fe, Co o Ni. Las desventajas de este proceso es que es lento y al final hay que pirolizar (quemar) la biomasa para quedarse con escoria rica en Fe, Co o Ni.

Regulaciones e infraestructura para el reciclaje en México

Hasta donde se investigó, México no cuenta con una normatividad específica para el reciclaje de basura electrónica, incluidas las baterías de ion-Li [6] [7]. Se encontraron normas que clasifican a las baterías de ion-Li como residuos de manejo especial y que estas deben ser confinadas en instalaciones adecuadas. Cabe mencionarse que el confinamiento no resuelve problemas de contaminación ni genera beneficios económicos por el aprovechamiento de los residuos. Por otro lado, sí está surgiendo un mercado (informal) para la compra de basura electrónica en México. Los mayores pro-

Físicos	Químicos	Biológicos
Separación manual de los componentes. Por ejemplo: separación de carcasas de plástico y metálicas.	Ataque (disolución) con ácidos o bases. Preferentemente se utilizan ácidos fuertes (H_2SO_4 o HCl) con o sin presencia de otros aditivos como el peróxido de hidrógeno. También existe la disolución con álcalis fuertes. Una alternativa es el uso de ácidos naturales como el cítrico, que además de disolver, encapsulan los metales de interés Co y Ni.	Uso de bacterias y/u hongos que "comen" a los metales, es decir los concentran. Posterior pirólisis.
Separación mecánica: molienda mecánica de los componentes de interés (primordialmente el cátodo) y posterior tamizado (en tamices vibratorios).	Extracción con agentes lixiviantes, coagulantes o secuestrantes* de iones metálicos y tratamientos posteriores como la calcinación o pirólisis. * Algunos de estos materiales son selectivos a iones metálicos y están comercialmente disponibles.	
Tratamiento térmico: Después de la molienda u otros procesos, el material resultante se puede pirolizar para eliminar todos los compuestos orgánicos y quedar con escoria rica en Co y Ni. Pero no de Li, pues se pierde en este proceso. Este proceso es caro por el consumo de energía.	Precipitación química: Se refiere a la adición de reactivos químicos para la formación de precipitados del material de interés, por ejemplo agregar CO_3^{2-} al Li^{+} para formar Li_2CO_3 . Esto supone añadir el costo de los reactivos químicos y la generación de algunos desechos.	
Agitación y/o ultrasonido: Después de agregar, agua, ácidos, bases o solventes (procesos químicos), la mezcla se somete a agitación y/o ultrasonido para mejorar la separación de los componentes activos de las láminas de Cu y Al. Este paso puede ser seguido de tratamiento químico, electroquímico o biológico.	Procesos electroquímicos: En muchos casos, los procesos electroquímicos pueden reducir en gran medida la generación de desechos, como en el electro-refinado de metales o la electrodialisis. Estos procesos tienen asociado el costo de la energía eléctrica necesaria para realizar los procesos electroquímicos, pero se compensa por la eficiencia de los procesos.	

Tabla 1. Procesos físicos, químicos y biológicos usados o propuestos para ser usados en el reciclaje de baterías de ion-Li.

blemas identificados en ambos puntos son la inexistencia del confinamiento adecuado para todo el volumen de residuos generados, así como la falta de regulación de las pequeñas empresas de reciclaje formales o informales. Las soluciones son transversales, pues involucran invertir en estudios de ciencia básica para generar procesos productivos de reciclaje, así como una legislación específica en el tema que regule dichos procesos.

Perspectivas

La demanda de baterías ion-Li crecerá exponencialmente en la próxima década, esto va a generar una alta demanda metales como Li, Co, Ni, Cu y Al. Por otro lado, las baterías de ion-Li constituyen un nuevo problema medioambiental, son necesarios procesos de reciclaje económicamente y medioambientalmente viables. El reciclaje de baterías de ion-Li es un proceso difícil que involucra

muchos retos. Las investigaciones básicas y aplicadas son todavía insuficientes para resolver el problema. Es necesario tomar acción en el asunto y se deben de implementar investigaciones básicas y aplicadas para el reciclaje de baterías de ion-Li.

Agradecimientos

Se agradece al proyecto UNAM-DGAPA-PA-PIIT [IN200122] Nano-confinamiento de materiales de almacenamiento de hidrógeno.

Referencias

- [1] https://baconora.lithium.com/sonora_lithium_project/default.aspx.
- [2] R. Gneim, A.A. Solomon, C. Breyer, Assessment of lithium criticality in the global energy transition and addressing policy gaps in transportation, *Nat. Commun.* 11 (2020) 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18402-y>.
- [3] J. Ordoñez, E.J. Cogo, A. Girard, Processes and technologies for the recycling and recovery of spent lithium-ion batteries, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 60 (2016) 195–205. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.384>.
- [4] V. Etacheri, R. Marom, R. Elazari, G. Salitra, D. Aurbach, Challenges in the development of advanced Li-ion batteries: a review, *Energy Environ. Sci.* 4 (2011) 3243. <https://doi.org/10.1039/c1ee05988b>.
- [5] S.J. Gao, W.F. Liu, D.J. Fu, X.G. Liu, Research progress on recovering the components of spent Li-ion batteries, *Xinxiang Tan Cailiao/New Carbon Mater.* 37 (2022) 435–460. <https://doi.org/10.1016/j.xnrm.2022.06.005-X>.
- [6] https://proconsul.livemex.mx/INCYTU/Documentos/Completa/INCYTU_18-ROB.pdf.
- [7] https://www.gob.mx/cms/attachement/1/16/500532/Cu_a_pasa_el_consumo_sustentable_de_ni-jas.pdf.

Anexo 21. *Problemas y consecuencias, M. en A. L. (s/f). Litio en América Latina por el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.*

Problemas y consecuencias, M. en A. L. (s/f). *Litio en América Latina*. Gob.mx.

**El mito de la
transición energética
y la importancia del litio**

Aleida Azamar Alonso

Estamos destruyendo el planeta y el egoísmo de
cada generación no se molesta en preguntar
cómo van a vivir los que vienen después.
Lo único que importa es el triunfo de hoy.
Esto es lo que llamo la razón de la ceguera.

José Saramago

Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo realizar un análisis sobre el concepto de la Transición Energética (TE) en el marco de la elevada demanda que tiene el litio en América Latina al ser un material fundamental para la creación de baterías de alta capacidad para vehículos y otros elementos tecnológicos. Este trabajo tiene como punto de partida una revisión histórica en la que la TE parte de un planteamiento de Estados Unidos para garantizar su capacidad industrial y productiva en el largo plazo ante la amenaza de la escasez de hidrocarburos.

La investigación se divide en tres apartados. En el primero se revisa el concepto TE, su origen y cómo ha ido cambiando hasta la actualidad, y la forma en que los países que impulsan dicho

proceso son los que más consumen recursos contaminantes; en la segunda parte, se plantea si el litio es el mineral que permitirá avanzar en la TE hacia el futuro o si en realidad dicha demanda es resultado de dinámicas economicistas ajenas al interés ambiental; en el tercero, se analiza la relevancia que tienen los países latinoamericanos en la TE debido a sus grandes reservas de litio, así como los retos que ello implica y las posibles oportunidades que representa.

La “transición energética” mundial

Cuando se discute sobre el uso de tecnologías no contaminantes o acerca de reducir el impacto ambiental por el uso de combustibles fósiles generalmente se hace referencia obligada a la llamada “transición energética”, esto ha ensombrecido la utilidad real de dicho concepto si es que alguna vez la tuvo. Lo anterior se debe, en parte, a la ambigüedad en su planteamiento como a la interpretación práctica del mismo. Por ejemplo, Smil (2012) señala que una TE es el cambio en la forma de aprovisionamiento de energía primaria mediante el cual el sistema productivo y económico garantizan su funcionamiento futuro.

Por su parte O'Connor (2010, p. 8) señala que una TE es “un conjunto particularmente significativo de cambios en los patrones de uso de energía en una sociedad. Asimismo, Sgouridis y Csala (2014, p. 2609) la definen de la siguiente forma: “un proceso controlado que lleva a una sociedad técnica avanzada a reemplazar todos los principales insumos de energía primaria de combustibles fósiles con recursos renovables sostenibles mientras mantiene un nivel de servicio de energía final suficiente per cápita”.

territorio nacional, y precisa que la "comercialización del litio y sus derivados constituyen recursos estratégicos para el desarrollo del país". El artículo 2 encarga al Poder Ejecutivo la reglamentación de la declaratoria en el plazo de 60 días naturales. Se desconoce si existe tal reglamentación o al menos se encuentre en proceso.

La inestabilidad política que se vivió en Perú el último quinquenio y que previsiblemente continuará en el que inició en 2021, permite pensar que la formulación de la normatividad para la extracción del litio asociado al uranio avanza lento o no avanza. Lo que sí está claro es la pretensión de la Ley 31282 para dar un salto a la industrialización nacional del litio, otorgándole un valor agregado con la fabricación de baterías y su procedimiento para el **reciclaje**. Las expectativas sobre la explotación del litio y su industrialización crecen como la espuma, pero sin un respaldo normativo. La debilidad institucional para la regulación de litio y uranio enciende las alarmas y preocupación frente a los avances de la empresa American Lithium en los yacimientos que se encuentran en etapa de exploración.

Las discusiones sobre el manejo del litio tanto de actores privados como estatales se han centrado en las ventajas geológicas del país, la cantidad de los recursos disponibles, el tiempo de exportación de los minerales, los montos de inversión y las dificultades para cumplir con los procedimientos administrativos y obtener las autorizaciones estatales. Y muy poca atención se da a los impactos ambientales asociados al proyecto (Vilca, 2020).

Pero el problema no es solamente la ausencia de un marco normativo, sino que no se tienen las tecnologías y la investigación científica para su extracción, sobre todo para lograr un salto en la industrialización del litio, como ocurre con la extracción de otros recursos que son exportados sin agregar ningún valor. Las promesas de industrialización del litio expresadas por los representantes de la empresa, por los legisladores y por el presidente Castillo, sirven para evitar el descontento de las comunidades campesinas cuyos territorios están implicados en la actividad de exploración, pero es difícil que se concreten. Las empresas

Anexo 22. Análisis del proceso químico de recuperación de metales de baterías de vehículos eléctricos por Pagani Claudia.

(2021). Upm.es. Análisis del proceso químico de recuperación de metales de baterías de vehículos eléctricos

II.3 Etapas del proceso de reciclado

Como se ha indicado anteriormente, el fin de vida de un alto número de baterías de ion-litio a medio plazo requiere de estrategias de gestión que permitan una reentrada de éstas en la cadena de valor.

Preferiblemente, los criterios marcados por el nuevo modelo de economía circular indican su reutilización en una segunda vida mediante una aplicación alternativa, como, por ejemplo, el almacenamiento estacionario de energía. En esta línea, se estima que para 2025, un 75% de las baterías usadas en vehículos eléctricos serán reutilizadas en diversas aplicaciones, varios años después de ser retiradas de los coches [16].

Sin embargo, hay dos aspectos que pueden impedir la reutilización de baterías fin de vida en una segunda aplicación. Por un lado, dichas baterías pueden llegar a un nivel de deterioro que haga inviable su reutilización. Por otro lado, existen estimaciones que indican que, en un futuro, el número de baterías fin de vida excederá el número de aplicaciones posibles en reutilización [18]. Por lo tanto, considerando que el almacenamiento de las baterías es potencialmente inseguro y medioambientalmente cuestionable, y que el desecho está descartado por cuestiones de economía circular, la opción idónea resulta ser su reparación o reciclado [1].

A pesar de que actualmente se considere el reciclado como última opción, ésta puede proporcionar sustanciales beneficios económicos y ambientales, ya que evita la necesidad de realizar una nueva extracción de materia prima y mitiga el riesgo de suministro. Asimismo, el reciclaje evita relaciones vulnerables con países extractores en la cadena de valor de las baterías.

Desde el punto de vista del reciclaje, los principales retos se derivan, por un lado, de la compleja composición del material, así como de su alto contenido energético y, por otro lado, de los requisitos relativos a las altas tasas de reciclaje, la seguridad y la economía. Esto se traduce en cadenas de procesos comparativamente largas y complejas en comparación con las generaciones anteriores de baterías. A continuación, en la Figura 10, se puede observar un esquema simplificado de dichos procesos.



Figura 10: Ciclo completo de una batería de fin de vida con los distintos tratamientos y procesos a los que se puede ver sometido para su reciclado [17].

De forma simplificada, este proceso de reciclaje consta de varias etapas diferenciadas como la descarga, el desmantelamiento, la reducción de tamaño y, por último, la recuperación de materiales de forma selectiva. En los siguientes apartados se analizará en detalle cada una de estas etapas.

II.3.1 Descarga de las baterías

Primeramente, es de vital importancia descargar las baterías para asegurar la manipulación de las mismas en las etapas posteriores de reciclado. Las baterías de ion-litio en general, y en fin de vida en particular, son un producto de alto riesgo de manipulación.

Concretamente, el electrolito se compone de un líquido inflamable que se encuentra bajo presión en la cavidad de la celda, por lo que cualquier escape producido durante su manipulación, o por degradación de sus materiales, pueda derivar en una explosión.

Asimismo, las baterías presentan comúnmente una carga residual, incluso si el sistema de gestión o la herramienta de monitorización indica que están completamente descargadas. Por ello, durante la manipulación, existe un riesgo de producción de cortocircuitos, que pueden llevar a calentamiento, fuga térmica, e incluso a la explosión del electrolito [17]. Por otra parte, la posible presencia de litio metálico en el electrolito y sobre los electrodos supone igualmente un riesgo de explosión inminente [1].

Adicionalmente a este proceso de desenergizado de las baterías, se deben proporcionar una formación y entrenamiento adecuados para el personal de la planta de desensamblaje, así como el uso de herramientas y equipos de protección adecuados. A continuación, se describen los tratamientos de descarga más comunes.

a) Tratamiento en atmósfera controlada

La manera más común y aceptada por parte de la industria para desactivar el riesgo de manipulación es realizar la apertura y/o los tratamientos físicos en atmósfera controlada inerte, principalmente en ausencia de oxígeno, para evitar combustión. Estas atmósferas suelen consistir en nitrógeno, dióxido de carbono, o mezcla de éste con argón [27].

Para llevar a cabo este proceso, las baterías se introducen dentro de un tanque vertical construido en acero inoxidable de tal forma que, con el diseño vertical, se facilita la operación de carga y descarga y se consigue una correcta agitación. La peculiaridad de este tanque es que su interior cuenta con una cesta metálica, dividida en 4 partes para situar las baterías, y un espacio central donde se acopla un agitador. El resto del volumen, es decir, el restante tras situar las baterías, se llena de agua con partículas de hierro en polvo, que se mantienen en suspensión gracias al agitador situado en el centro del tanque [2].



Figura 11: Distribución de la carga de sólidos en el interior del tanque [2].

b) Descarga completa

Este otro tratamiento consiste en la conexión de la batería con un circuito de alta resistencia para recoger y reutilizar la energía residual. De esta forma, se ha estimado que en una descarga de 3 a 0 V se pueden llegar a obtener unos 7 MJ de una tonelada de baterías (195 W-h/kg) [1]. Esta energía podría ser reutilizada, por ejemplo, para calentar algunas de las unidades de tratamiento hidrometalúrgico posteriores.

Sin embargo, este método de desactivación requiere equipos específicos para llevarla a cabo, por lo que se requiere evaluar la conveniencia de la inversión en dicho equipamiento.

c) Inmersión en solución salina

Un tercer método de descarga de baterías propuesto para uso industrial es su inmersión en una disolución salina. Ésta suele componerse de agua con cloruro o sulfato sódico. Este baño corroe y lixivia las celdas, pasivando con ello la química reactiva potencial que se ha descrito anteriormente [18].

Este tratamiento tiene varios factores que afectan a su eficiencia, como la temperatura de operación, conductividad de la disolución y estado de carga de la batería [1].

Asimismo, este proceso puede generar emisión de gases tóxicos, sobre todo de tipo haluro (fluoruros o cloruros) que obligan a integrar un sistema de filtrado de los mismos. Es por ello que este método se recomienda para baterías de bajos voltajes, ya que, en el caso de voltajes intensos, la emisión de esos gases puede llegar a ser muy intensa, requiriendo de unos sistemas de seguridad y filtrado más complejos [18].

II.3.2 Desmantelamiento manual

Una vez descargadas, las baterías se someten a un tratamiento de desensamblaje de los packs y módulos, con el objetivo de reducir el tamaño de los objetos a tratar y facilitar así los procedimientos posteriores. En la actualidad, la práctica habitual a nivel industrial es realizar este proceso de manera manual, por operarios especializados [28].

Cabe destacar que, en el caso de procesos industriales focalizados en tratamientos pirometalúrgicos, este desmantelamiento no es necesario, puesto que el "battery pack" se introduce directamente en el reactor pirólítico para su tratamiento [18].

El primer paso de este proceso manual es la retirada de la carcasa plastificada de la batería, etapa durante la cual se emplea nitrógeno líquido para inactivar sustancias nocivas [17]. A continuación, la batería se fija en un torno y el extremo de la misma se retira con una sierra, lo que permite su abertura longitudinal para extraer la carcasa exterior. A continuación, el cátodo, el ánodo y el separador se extraen manualmente y se secan en un horno durante 24 horas a 60 °C [29]. Tras este secado, el cátodo y el ánodo se separan de nuevo para llevar a cabo el proceso de extracción de metales, pues los metales contenidos en cada uno de ellos se obtendrán de forma distinta.

Cabe destacar que el material del cátodo se adhiere generalmente a la lámina de aluminio mediante un aglutinante (fluoruro de polivinilideno (PVDF), fluoruro de vinilo (PVDF) o politetrafluoroetileno (PTFE)), lo que dificulta su separación. Como solución, se utilizan diversos métodos, como la disolución con disolventes [30], la disolución con hidróxido de sodio (NaOH) [31], la separación asistida por ultrasonidos [32], el tratamiento térmico [33] y el método mecánico [34].

Anexo 23. Evaluación de un go-kart eléctrico con baterías de ion-litio y níquel-hidruro metálico de Álvarez Andrés, e Idrovo Andrés.

Evaluación de un go-kart eléctrico con baterías de ion-litio y níquel-hidruro metálico.
Andrés, Á. C. G. (2020).

Rack". Esta química de baterías es la más comúnmente aplicada en vehículos eléctricos como el Nissan Leaf, el Chevrolet Volt y los BMW i3 e i8 [12] aunque con diferente configuración en cuanto a la cantidad de celdas. Específicamente las baterías utilizadas en el presente proyecto, Fig. 3, tienen una capacidad de 68 Ah, un voltaje nominal de 58.4 V obtenidos de 2 módulos de 8 celdas cada uno conectados en serie. Cada celda aporta con 3.65 V de voltaje nominal y suman un peso total de 44 kg [13].



Fig. 3 Conjunto de baterías Níquel - Hidruro Metálico

2) **Baterías de Níquel-Hidruro Metálico:** (Terminal positivo de óxido de níquel (NiOOH) y terminal negativo de aleación de hidruro metálico). Obtenidas del Toyota Prius de tercera generación y del cual se utilizaron 24 celdas de 7.2 V de voltaje nominal con una capacidad de 6.5Ah y un peso de 1040 gramos cada una.[14]. Para las pruebas, cada celda fue cargada individualmente obteniendo 7.2 V en cada una, para así poder armar 2 conjuntos de 12 celdas cada uno que sumen un voltaje de 57.6 V con una capacidad de 19.5 Ah tal como se muestra en las Fig. 4 y Fig. 5.



Fig. 4 Conjunto de baterías Níquel - Hidruro Metálico

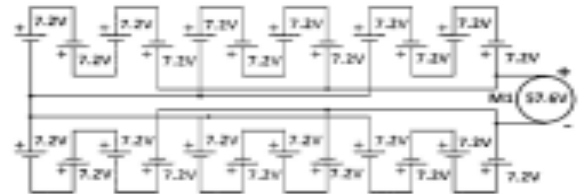


Fig. 5 Configuración de celdas de Níquel - Hidruro Metálico

C. Motor:

El motor que se utilizó es un LEM 200-127 de escobillas de 48 V el cual posee una potencia nominal de 8.55 kW y un torque nominal de 31.5 Nm a 2592 RPM [15].

D. Transmisión:

Se utilizan para las pruebas dos relaciones de transmisión fijas mediante piñones conductores de 34 y 17 dientes y un conducido de 34 dientes para obtener relaciones de 1:1 y 2:1 respectivamente. La aplicación de estas relaciones de transmisión se justifica por la necesidad de comparar la configuración inicial con la que cuenta el go-kart, 1:1, frente a la relación 2:1, siendo esta última una propuesta de optimización en busca de una mejor aceleración, sacrificando la velocidad final del vehículo pues esta no es objeto del presente estudio.

E. Equipo de control

La energía proporcionada por las baterías se gestiona a través de un controlador de Motor de CC, Fig. 6, modelo Alltrax SR - 48400, el cual distribuye la corriente desde las baterías hacia el motor según la señal recibida desde un regulador de velocidad potenciométrico "Pot Box PB6", el cual tiene un rango de funcionamiento de 0-5 kΩ. La corriente para llegar al motor fluye a través de un contactor electromecánico de 48 V a 400 A y un fusible de 400A para CC [16].



Fig. 6 Alltrax SR - 48400

Anexo 24. Análisis de los métodos de reciclaje de materia prima a partir de baterías de litio en desuso de vehículos eléctricos e híbrido por Santana Jonathan

Santana, J, (2022) *Análisis de los métodos de reciclaje de materia prima a partir de baterías de litio en desuso de vehículos eléctricos e híbrido*. [Tesis de titulación, Universidad Agraria]. Repositorio institucional Universidad Agraria del Ecuador.

17

El principal banco de inversión del mundo, UBS (United Bank of Switzerland) publicó informes detallados sobre los materiales de las baterías para los clientes de su agencia. A los precios actuales, el litio podría agotarse en 2025. Y a medida que los carros eléctricos empiezan a dominar las carreteras, las acciones de litio podrían ser algunas de las más beneficiadas. UBS predice que los vehículos eléctricos representarán casi la mitad de las ventas de vehículos nuevos hasta 2030 (Franco, 2020).

2.2. Base teórica

2.2.1. Tipo de baterías de litio

Los distintos fabricantes de vehículos utilizan diferentes métodos para alimentar sus vehículos, y la figura 1 ofrece un ejemplo que detalla tres paquetes de baterías y módulos diferentes utilizados actualmente en los vehículos eléctricos. Por ejemplo, un paquete de celdas cilíndricas con una tensión de 375 V, un peso de 530 kg, una longitud de 2.830 mm, una anchura de 1.772 mm y una altura de 127 mm; Y un paquete de células cilíndricas contiene 16 módulos, un módulo pesa 25 kg, y cada módulo contiene 444 células, una célula pesa 48,5 g, y el voltaje es de 3,6 V (Harper, 2019).

Los tres diseños examinados son del año modelo 2014, esto se basa en la disponibilidad de información procedente de los desguaces de vehículos, y también porque es más probable que los vehículos más antiguos estén más cerca del final de su vida útil que los coches nuevos de hoy en día. Las células son el componente más pequeño. Pueden ser cilíndricas, prismáticas o en bolsa. La carcasa exterior de las dos primeras es de acero. La carcasa de las pilas de bolsa está hecha de un polímero. Por su ligereza, las pilas de bolsa son las preferidas para los automóviles. (Harper, 2019).

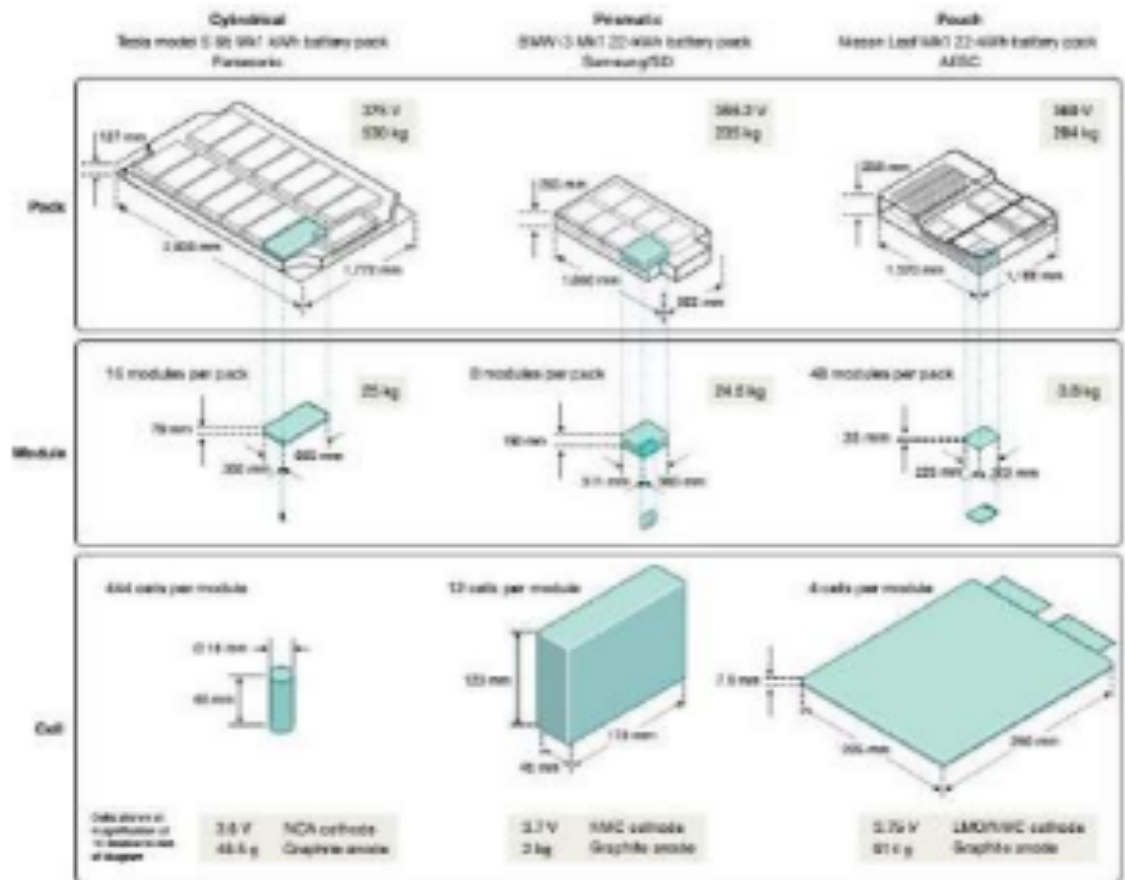


Figura 1. Tres tipos diferentes de paquetes de baterías y módulos utilizados actualmente en los vehículos eléctricos (Harper, 2019).

Las células se unen, mecánicamente o por soldadura, en serie y en paralelo con disipadores de calor colocados entre ellas para formar un módulo. A continuación, el módulo se equipa con una electrónica de seguridad (el mencionado módulo de circuito de protección), que impide la sobrecarga o la sobre descarga de las células, así como una banda de compresión y una carcasa de protección. A continuación, los módulos se conectan entre sí y a la electrónica de control para formar un paquete de baterías (Sonoca, 2015).

2.2.2. Composición de las baterías de litio

El electrodo negativo de una batería de litio es generalmente un material de carbono y el electrodo positivo es un óxido metálico que contiene litio, por ejemplo LiCoO_2 , LiMn_2O_4 , LiFePO_4 , el electrolito es una solución orgánica de sales de litio o un polímero. El principio de funcionamiento de la batería de litio se muestra en la Figura 2, durante la carga, los iones de litio del electrodo positivo se incrustan en el material de carbono del electrodo negativo a través del electrolito, durante la descarga, ocurre lo contrario (Ciencias, 2015).

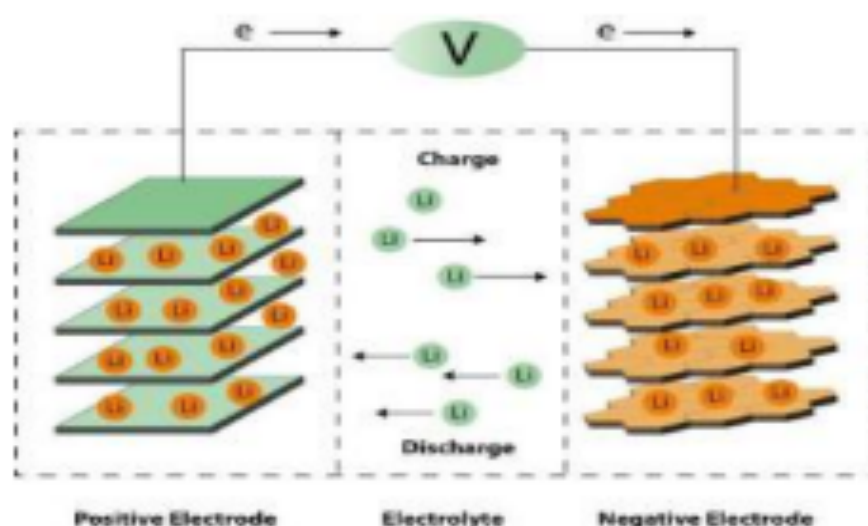


Figura 2. El principio de funcionamiento de la batería de litio (Ciencias, 2015).

Por ejemplo, la reacción del LiCoO_2 como material catódico para la batería de Li es la siguiente:

Al descargar: $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + \text{Li}_x\text{C}_6 \rightarrow \text{LiCoO}_2 + 6\text{C}$

Al cargar: $\text{LiCoO}_2 + 6\text{C} \rightarrow \text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + \text{Li}_x\text{C}_6$

El material del electrodo positivo no sólo participa en la química de la batería como material de electrodo, sino que también es la principal fuente de

se formará litio metálico en el electrodo negativo, causando un cortocircuito interno, lo que resulta en la combustión de la batería o incluso la explosión, por lo que no es adecuado para las baterías de energía (AnttiVäyrynen, 2012).

2.2.4. Batería de litio-manganato

El manganato de litio con estructura de espinela, (Thackeray, 2020). Fue propuesto por primera vez por AESC, una empresa de baterías. El modelo representativo de la batería de manganato de litio es el Nissan Leaf, que tiene un bajo coste de materia prima, un proceso de producción sencillo, una gran estabilidad térmica, una gran seguridad y un buen rendimiento general, (Kim, 2012). Su desventaja es que la capacidad es relativamente baja ya que hay elemento de manganeso disuelto durante el ciclo, lo que afecta a la vida útil de la batería,. Es adecuada como batería de bajo coste para vehículos eléctricos ligeros (Xiangqi, 2018).

2.2.5. Batería de litio-hierro-fosfato

La batería de litio-hierro-fosfato es la principal batería de BYD, que tiene un bajo coste, no es tóxica, tiene una alta capacidad teórica y un buen rendimiento en los ciclos, (Xiaoxuan, 2019). Y es adecuada para los vehículos híbridos enchufables que requieren cargas y descargas frecuentes.

2.2.6. Batería de litio-níquel-cobalto-manganato

La proporción de níquel, cobalto y manganeso en la batería puede ajustarse a voluntad, la sustitución del cobalto por el níquel y el manganeso, relativamente baratos, hace que el coste del material sea menor, y el aumento del contenido de níquel puede mejorar la capacidad específica del material y la densidad energética de la batería, el BWM X1 PHEV utiliza la batería NCM811.

La desventaja es que el uso de litio-níquel-cobalto-manganato y electrolito orgánico, no para resolver fundamentalmente el problema de seguridad, si el cortocircuito de la batería sobre la generación de corriente excesiva, lo que lleva a los riesgos de seguridad. Para los requisitos de alcance de los vehículos eléctricos puros, sus perspectivas son más amplias, es la dirección principal de la batería de potencia actual (Zeng, 2014).

2.2.7. Métodos para recuperar las baterías de litio

Debido al complejo ensamblaje de los paquetes de baterías de litio, el reciclaje completo de las mismas suele requerir dos procesos: uno físico y otro químico. Además, todavía hay energía residual en las baterías de litio usadas, que puede provocar un incendio o una explosión durante el proceso de reciclaje, por lo que debe descargarse antes de poder reciclar las baterías de litio usadas (Doerffel, 2006).

Los procesos físicos incluyen el pretratamiento, como el desmontaje, la trituración, el cribado, la separación magnética, el lavado y el pretratamiento térmico, así como los procesos que permiten el reciclaje directo (Shin, 2005). Los procesos químicos pueden dividirse en pirometalurgia, hidrometalurgia y biolixiviación para recuperar los metales. La Figura 3 ilustra el flujo del proceso de pretratamiento e hidrometalurgia para el reciclaje de baterías de litio usadas, la batería de litio usada completamente descargada se somete primero a un pretratamiento para separar los materiales de cada parte de la batería, el material del electrodo separado se recupera por recuperación hidrometalúrgica, el producto final reciclado puede ser reutilizado (Xu, 2008).

La compuerta superior y la compuerta inferior se utilizan para garantizar la estanqueidad de las cámaras de transición y de trituración. Cuando se introduce la batería de litio usada en el equipo, la compuerta superior se abre y la batería de litio usada cae en la cámara de transición llena de N_2 , luego la compuerta inferior se abre y la batería de litio usada cae en la cámara de trituración para ser aplastada. Además, se colocó una bomba de electrolitos en la parte superior de la trituradora para bombear a tiempo los electrolitos producidos durante la trituración.

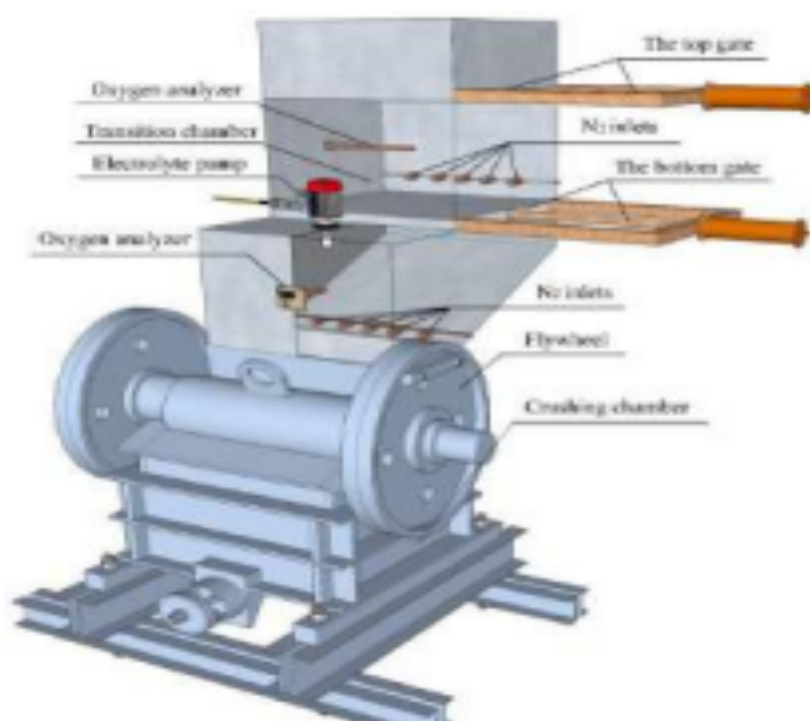


Figura 4 Diagrama esquemático de la trituradora modificada. (Zhong, 2020).

En el proceso de trituración de las baterías de litio usadas sin fuego o explosión, la razón puede ser porque la cámara de trituración se llena con una gran cantidad de N_2 puede reducir la tasa de reacción química exotérmica de las baterías de litio usadas trituradas, seguido por el rápido movimiento en la cámara de trituración



Una vez finalizado el proceso de fundición por reducción, los metales de transición se concentran preferentemente en una fase de aleación fundida, reportándose al fondo del horno y entrando en la piscina de metal fundido. Los metales valiosos se recuperan entonces de la aleación mediante procesos hidrometalúrgicos (Yun, 2018). El proceso de fundición se enfrenta al reto de la necesidad intensiva de energía, y es mucho más económico para las baterías con alto contenido de Co y Ni, y no los recientes óxidos de espinela de Mn o LiFePO_4 , ya que el Li y el Mn se pierden en la escoria. La fundición por reducción es predominante en las aplicaciones a escala industrial por su sencillez de funcionamiento y su alta productividad (Zhang , 2018).

2.2.12. Proceso pirometalúrgico a escala industrial para la recuperación de baterías de litio

El tratamiento pirometalúrgico de las baterías usadas de iones de litio es dominante a escala industrial porque es un proceso maduro con un funcionamiento relativamente sencillo y una alta productividad.

El Grupo Umicore ha desarrollado un proceso pirometalúrgico que elimina la necesidad de un costoso tratamiento previo, el único tratamiento necesario es el simple desmontaje del gran paquete de baterías en celdas individuales. A continuación, las células se introducen en el horno de cuba, que se divide en tres zonas de temperatura: zona de precalentamiento, zona de pirólisis del plástico y zona de reducción de la masa fundida. En la zona de precalentamiento, las baterías de litio usadas se calientan a temperaturas inferiores a los 300 grados,

Anexo 25. Extracción y recuperación de litio y reciclaje de baterías por Tuset Sergio

Tuset,
S. (2020, febrero 3). *Extracción y recuperación de litio y reciclaje de baterías*.
Condorchem Enviro Solutions.

Reciclaje de baterías y recuperación de Litio

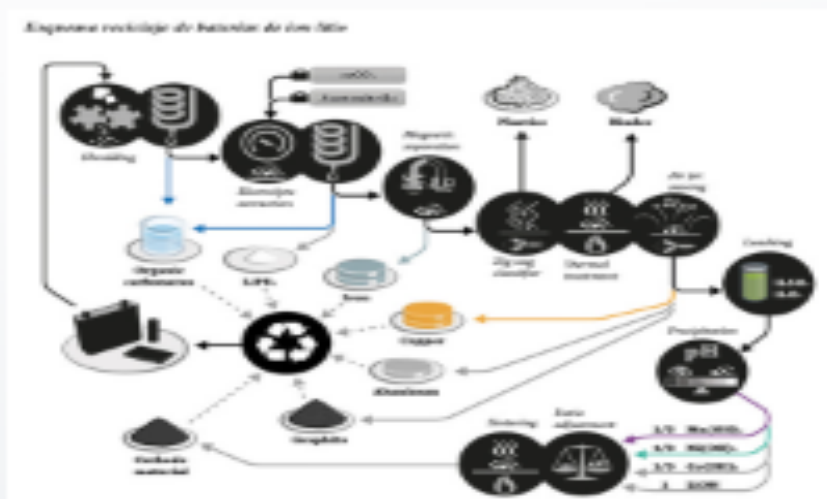
Conscientes de la necesidad de reciclar el litio de las baterías usadas y pensando en su futura escasez y ascendente encarecimiento, se han estudiado algunos procesos que resumimos a continuación:

Proceso Físico – Químico

La recuperación de los materiales que componen las baterías de ion litio se realiza mediante el proceso de Liivación. Es decir, a través del uso de ácidos para disolver los componentes de las baterías una vez desmantelado el dispositivo.

El proceso en su totalidad debe seguir una serie de pasos, iniciando por la recolección de baterías, clasificación y descarga de electricidad. Luego, se realiza la separación de sus componentes, hasta lograr obtener el ánodo y el cátodo (partes que permiten la reacción electroquímica) completamente separados.

De esta forma se trabaja cada parte por separado para recuperar los materiales primos de la batería.



Otro sistema presenta una alternativa para la recuperación de litio, cobalto, manganeso y níquel de las baterías usadas de los teléfonos móviles y los ordenadores.

El proceso se inicia con el desensamblaje manual de las baterías para separar el residuo de interelectrodo, luego se realiza una reducción de tamaño y se llega entre 580 y 800 μm en el residuo de los aparatos, respectivamente.

El aluminio y el cobre son lixivados con hidróxido de amonio para eliminar reacciones de interferencia en etapas posteriores. El líquido filtrado proveniente de la etapa anterior se lixivia con ácido sulfúrico, y se obtienen recuperaciones máximas de 98,0 y 99,9 % de litio, cobalto, manganeso, níquel, con concentraciones de 3,0 y 4,0 M, en cada tipo residuo.

El licor ácido lixivado es neutralizado con hidróxido de sodio, se adiciona bicarbonato de sodio y se precipita carbonato de manganeso, hidróxido de cobalto y bicarbonato de litio, con las respectivas condiciones necesarias.

Luego se procede a la Evapo – cristalización de los productos precipitados y se alcanzan recuperaciones superiores al 98,0 %, en cada metal.

El Carbonato de Litio (Li_2CO_3) es el compuesto de litio más utilizado, un gramo de litio equivale a 5,32 gramos de carbonato del litio (CL).

Recuperación electroquímica de litio

Recientemente, el investigador argentino Ernesto Calvo propone implementar una innovadora tecnología de extracción de litio a gran escala, sin generar residuos contaminantes.

Para ello, extrae la salmuera mediante un sistema de bombeo para introducirla en un reactor con dos electrodos. Estos atrapan selectivamente, por un lado, los iones de litio, y por el otro, el cloruro de la salmuera, para ser modificado al salir.

Posteriormente, se invierte la polaridad eléctrica del reactor y se hace el proceso inverso, es decir, se seca la salmuera y se incorpora una solución de recuperación que concentra el cloruro de litio.

Para este proceso se utiliza energía solar y el cloruro de litio extraído de la salmuera forma una especie de batería de litio para almacenar energía renovable intermitente.

Membranas de Ósmosis Inversa capaces de separar el litio

Recientemente se ha desarrollado una nueva tecnología que permitirá sacar litio del agua del mar, y además hacerlo de una forma eficiente, también produciendo agua potable en el proceso.

Como sabemos, el agua de mar es un cóctel complejo de minerales útiles, pero es difícil separar los que necesitamos, como el litio. Un equipo de científicos de Australia y Estados Unidos han desarrollado una nueva técnica de desalinización de agua que no solo puede hacer que el agua de mar sea potable, sino que recupera el litio presente en la misma.

La clave del proceso son las estructuras metal-orgánicas (MOF), que cuentan con la mayor área de superficie interna de cualquier material conocido. Un solo gramo teóricamente podría cubrir un campo de fútbol, y es esta intrincada estructura interna la que hace que sean perfectos para capturar, almacenar y liberar moléculas.

Actualmente, las **membranas de ósmosis inversa** son la tecnología más utilizada para la filtración de agua, y funcionan de una forma bastante simple. Los poros de la membrana son lo suficientemente grandes como para que pasen las moléculas de agua, pero son demasiado pequeños para la mayoría de los contaminantes.

El problema es que, para trabajar, estos sistemas requieren bombear agua a una presión relativamente alta.

Las membranas MOF, por otro lado, pueden ser más selectivas y eficientes.

Investigadores de la Universidad de Monash, la Organización de Investigación Científica e Industrial de la Commonwealth y la Universidad de Texas, han desarrollado una membrana de este tipo.

El diseño se inspiró en la selectividad iónica de las membranas celulares biológicas, lo que permite que el material MOF deshidrate iones específicos a medida que pasan. Mejor aún, estos filtros no requieren que se forme agua, lo que también ahorra energía.

«Podemos usar nuestros hallazgos para abordar los desafíos de la desalinización del agua», dice Huanling Wang, autor del nuevo estudio. En lugar de confiar en los procesos caros y con gran consumo energético actuales, esta investigación abre la puerta para eliminar los iones de sal del agua de una manera mucho más eficiente en términos de energía y ambientalmente sostenible.

Estos iones de litio son abundantes en el agua de mar (aprox. 0,17 ppm), por lo que el desarrollo de esta tecnología podría tener grandes repercusiones para la industria minera que actualmente utiliza instrumentos químicos y poco eficientes para extraer el litio de rocas y salmueras.

La demanda global de litio requerida para sectores como el coche eléctrico es cada vez más alta, por lo que estas membranas se posicionan como una alternativa eficiente de extraer el propio litio del agua del mar, que es un recurso abundante y de fácil acceso, por lo que su explotación debería ser además económica.

En esta aplicación podemos pensar en una columna inversa de tipo de lecho a fin de maximizar la concentración del litio y así reducir el tamaño y el coste del posterior sistema de Evapo – Cristalización necesario.

Materiales utilizados en la práctica

Anexo 26. Batería NiMH



Anexo 27. *Batería LiPB*



Anexo 28. *Balanza de plataforma digital*



Anexo 29. Balanza electrónica



Anexo 30. Destornilladores planos, cruz y de turca.



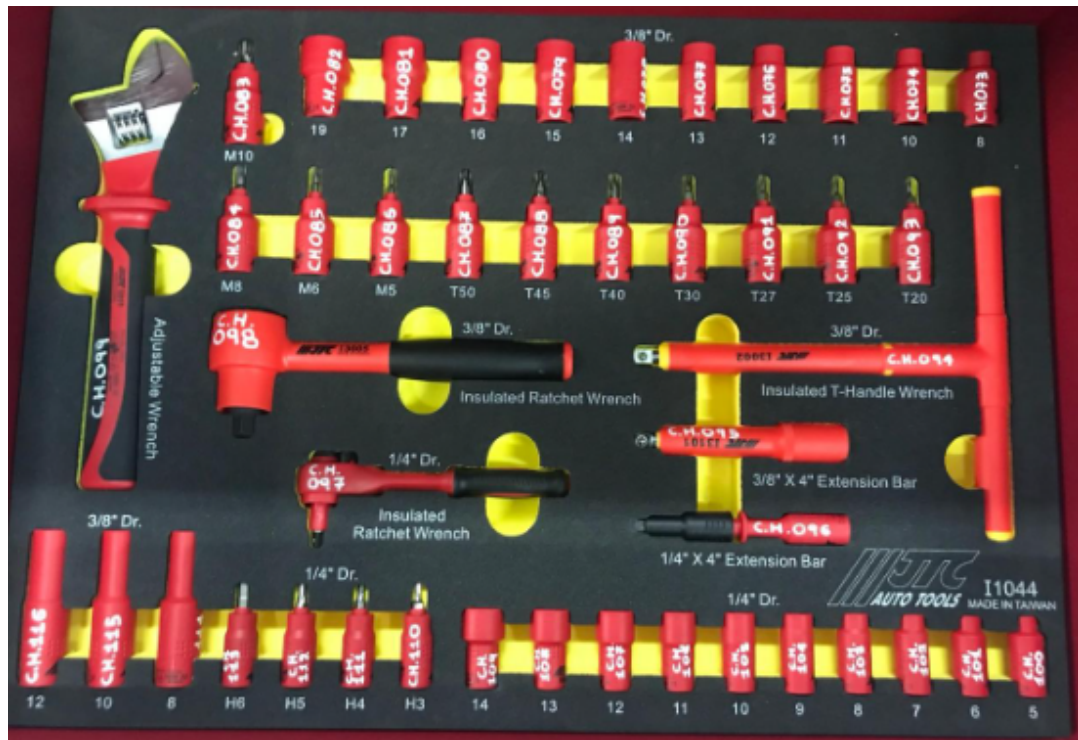
Anexo 31. Alicate, llave de trinquete, llave con mango en T, barra de extensión, cuchillo para cable, casquillos y puntas hexagonales.



Anexo 32. Llaves de boca y acodadas.



Anexo 33. *Casquillos, puntas hexagonales, llave de trinquete, barra de extensión, llave de trinquete, llave con mango en T, llave de ajuste.*



Anexo 34. *Caja de herramientas de 5 niveles*



Índice de figuras

Figura 1. *Ventas históricas vehículos híbridos.*

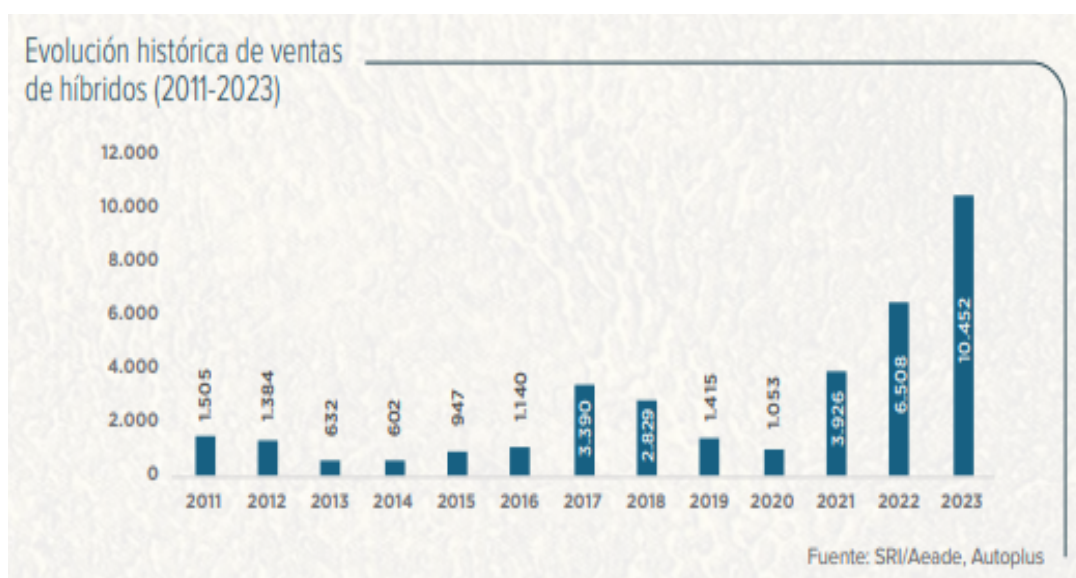


Figura 2. *Venta históricas vehículos eléctricos.*



Figura 3: Baterías de iones de litio

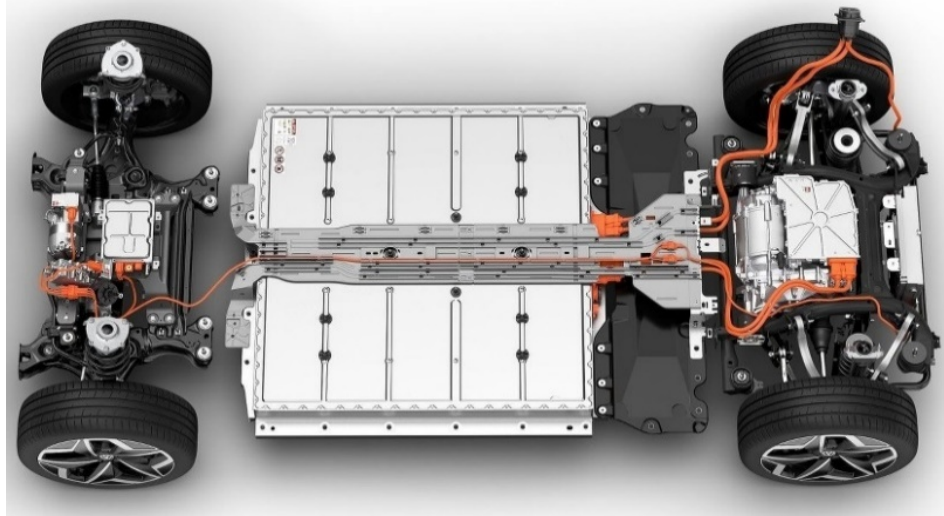


Figura 4: Batería níquel - hidruro



Figura 5: Desarmadores y llaves aisladas.



Figura 6: Herramientas para el desarmado.

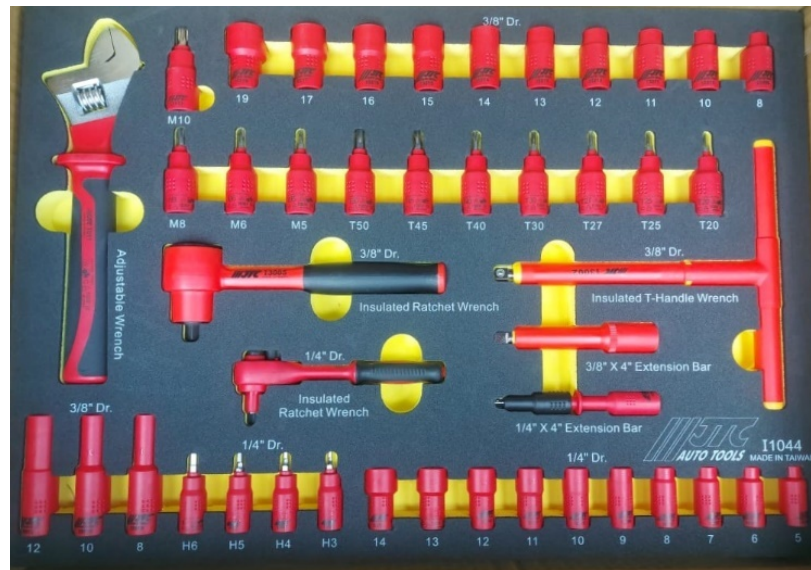


Figura 7: Celdas de la batería



Figura 8: Separación de componentes.



Figura 9: Pesos totales otros materiales



Figura 10: Proceso de desmontaje y pesaje.





Figura 11: Elementos que componen la batería LiPB y su porcentaje.

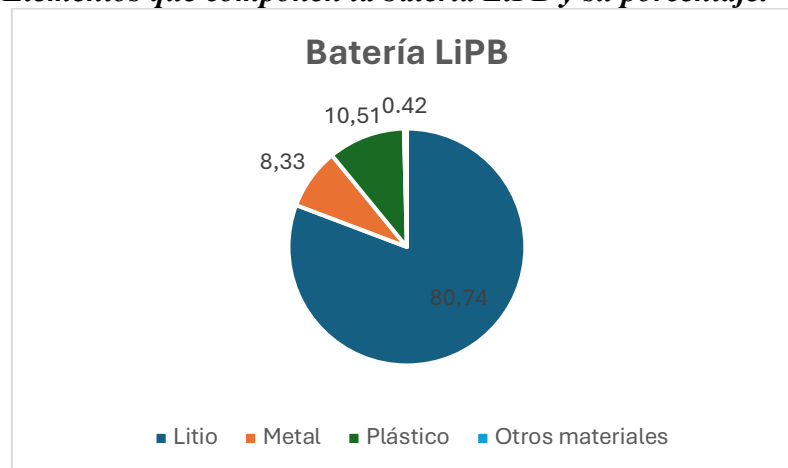


Figura 12: *Elementos que componen la batería Ni-MH y su porcentaje.*

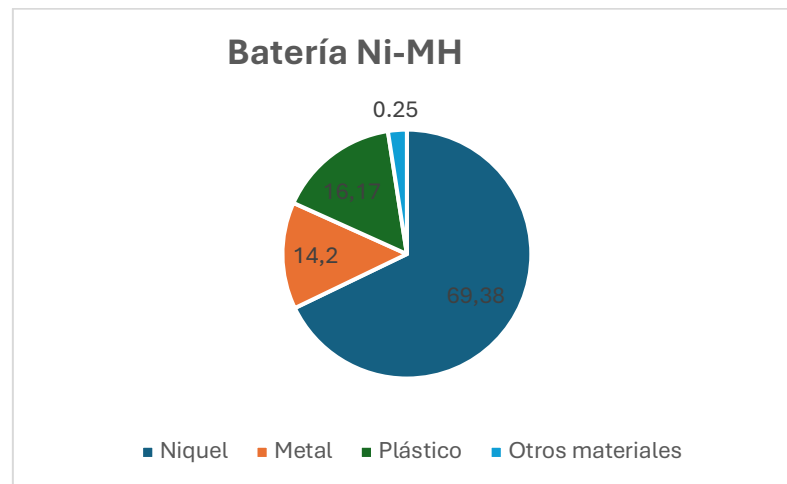
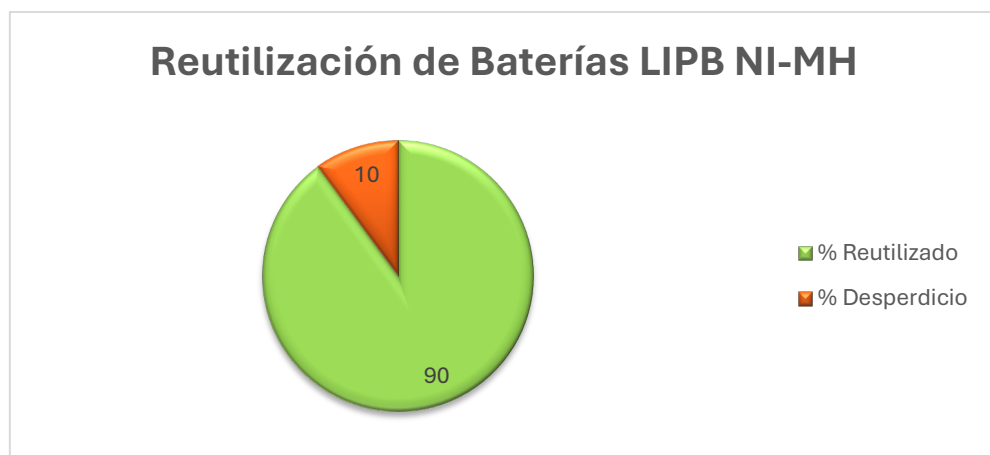


Figura 13: *Cantidad recuperada en baterías LiPB y Ni-MH y su desperdicio.*



Índice de tablas

Tabla 1: Voltajes residuales medidos en las herramientas antes del desarmado (voltios)

Herramienta normal Bajo voltaje (Litio)	Herramienta dieléctrica Bajo voltaje (Litio)	Herramienta normal Bajo voltaje Níquel)	Herramienta dieléctrica Bajo voltaje (Níquel)
1,02 V	0,00 V	0,978 V	0,00 V

Tabla 2: Tabla de pesos por tipo de material.

Elementos	Pesos en Kg
Metales	19.6817
Plásticos	24.400
Placas de litio.	98.860
Placas de níquel	47.520
Peso total batería LiPB 122,43 Kg	Peso total batería Ni-MH 68.03 Kg

Tabla 3: Comparativo de elementos y pesos de batería de litio vs. níquel-hidruro

Batería LiPB	Peso Kg	Materiales %	Batería Ni-MH	Peso Kg	Materiales %
Litio	98.860	80.74%	Níquel	47.20	69,38
Metal	10.200	8.33%	Metal	9.66	14,20
Plásticos	12.87	10.51%	Plástico	11.00	16,17
Otros materiales	0.5	0.42%	Otros materiales	0.17	0.25
Peso total	122,43Kg	100%	Peso total	68.03Kg	100%

Tabla 4: Comparativa en % de la capacidad de reutilización de materiales.

Material Reciclado	Beneficios	Porcentaje%
Litio (Li)	Reducción de la extracción, aporte como materia prima.	90
Cobre (Cu)	Reducción contaminación del aire en minas agua por procesos extractivo y limpieza.	95
Níquel (Ni)	Reducción de la dependencia de recursos en su proceso extractivo.	90
Aluminio (Al)	Bajar el nivel de dependencia.	95
Grafeno	Aumento eficiencia uso materiales valiosos, si el costo lo permite hacer.	50
Metales	Reducción del consumo de metales y su impacto de extracción.	95
Cobalto	Reducción de la extracción y minería.	
Metales preciosos (Oro, Plata, Platino)	Recuperación de metales preciosos. Esto se debe por costo de recuperación y la cantidad recuperada.	0
Plástico y polímeros	Recuperación y reciclaje de materiales plásticos utilizados en la carcasa y el embalaje de las baterías	95