



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LOS
MATERIALES UTILIZADOS EN LA
FABRICACIÓN DE BATERÍAS DE
AUTOS ELÉCTRICOS**

Autor José Lara

Tutor Ing. Alicia de Pizzella

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LOS
MATERIALES UTILIZADOS EN LA
FABRICACIÓN DE BATERÍAS DE
AUTOS ELÉCTRICOS**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Autor José Lara

C.I.:21.425.894

Tutor: Ing. Alicia de Pizzella

San Diego, Octubre de 2019



FI-N -009-2019-2CR (TG)

Valencia, 02 de Julio de 2019

Ciudadanos:
José Lara
C.I:21.425.894
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2019 de fecha 02-07-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE BATERÍAS DE AUTOS ELÉCTRICOS** presentado por usted (es) como requisitos para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación de la Ing. Alicia De Pizzela C.I:4.598.880 como Tutora Académico y Metodológico que los asesoraran en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente



Prof. Luis Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

L/le.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Lic. Alicia de Pizzela, portador de la cedula de identidad C.I. V- 4.598.880, en mi carácter de tutor del Informe de Trabajo Especial de Grado presentado por el ciudadano Lara José, portador de la cedula de identidad C.I. V- 21425894, titulado: **“ ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE BATERÍAS DE AUTOS ELÉCTRICOS”** Presentados como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y meritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, al 1 día del mes de octubre del año dos mil diecinueve

Lic. Alicia de Pizzela
C.I: V- 4.598.880
Tutor Académico



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

San Diego, Octubre de 2019

ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE BATERÍAS DE AUTOS ELÉCTRICOS**, ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Alicia de Pizzella

Tutor Académico

Alicia de Pizzella
Firma

10-10-19
Fecha

Ing. Alicia de Pizzella

Tutor Metodológico

Alicia de Pizzella
Firma

10-10-19
Fecha

AGRADECIMIENTO

Ante que todo le doy un agradecimiento a Dios por escuchar mis oraciones en los momentos más difíciles. A mi madre Marbella, mi padre Aníbal y mi abuela Mireya, que siempre me brindaron el apoyo que necesitaba, con todo su esfuerzo estuvieron guiándome para seguir adelante.

Y a mi abuelo Alejandro, que aunque no está presente en el plano terrenal, siempre guio mis pasos para alcanzar esta meta.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico principalmente a dios, por ser inspirador y darme fueras para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres y abuela, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en el que soy.

A mis hermanos por estar siempre presentes, y por el apoyo moral, que me brindaron en toda esta etapa de la vida.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pg.
ÍNDICE DE FIGURA.....	x
ÍNDICE DE CUADRO.....	xi
RESUMEN.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO

I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Alcance y Limitaciones.....	6

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	7
2.2 Bases Teóricas.....	9
2.2.1 Misión de la batería.....	9
2.2.2 Químicas posibles para baterías de autos eléctricos.....	10
2.2.2.1 Las baterías de Plomo-Ácido	10
2.2.2.2 Las baterías Níquel-Metal.....	10
2.2.2.3 Las baterías de Ion-Litio	11
2.2.3 La Batería Automotriz.....	11
2.2.4 Energía química.....	11
2.2.5 Energía eléctrica.....	12
2.2.6 Acumuladores eléctricos.....	12
2.2.7 Características técnicas de la batería.....	13
2.2.7.1 Electrolito.....	13
2.2.7.2 Placa o electrodo.....	13
2.2.7.3 Rejilla.....	13
2.2.7.4 Separadores.....	13
2.2.7.5 Carcasa.....	14

2.2.7.6	Conectores.....	14
2.2.7.7	Terminales.....	14
2.2.8	Baterías para vehículos híbridos.....	14
2.3	Definición de Termino.....	14

III MARCO METODOLÓGICO

3.1	Tipos de la Investigación.....	16
3.2	Diseño de Investigación.....	17
3.3	Nivel de la Investigación.....	17
3.4	Población y Muestra.....	18
3.4.1	Población.....	18
3.4.2	Muestra.....	18
3.5	Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5.1	Técnicas.....	19
3.5.2	Instrumentos.....	20
3.6	Fases Metodológicas.....	20

IV RESULTADOS

4.1	Diagnóstico de la evolución de materiales usados en la fabricación de baterías de tracción.....	21
4.1.1	Batería Plomo-Ácido.....	21
4.1.2	Plomo-Acido AGM.....	24
4.1.3	Funcionamiento del electrolito.....	24
4.1.4	Batería níquel-cadmio.....	25
4.1.5	Funcionamiento del electrolito.....	26
4.1.6	Batería Níquel-Hierro.....	26
4.1.7	Batería Níquel- Hidruro Metal.....	28
4.1.8	Funcionamiento del electrolito.....	30
4.1.9	Baterías de Ion-Litio	31
4.1.9.1	Materiales Catódicos.....	31
4.1.9.2	Materiales Anódicos.....	32
4.1.9.3	LiCoO2.....	33
4.1.9.4	Baterías de ion litio con cátodo de LiFePO4.....	35
4.1.9.5	Batería polímero de litio.....	37
4.2	Identificar los procesos de funcionamiento de la vida útil de las baterías.....	38
4.2.1	Batería Plomo-Ácido.....	39
4.2.2	Batería Níquel-Hierro.....	39
4.2.3	Batería Níquel- Hidruro Metal.....	39
4.2.4	Batería de litio (LiCoO2).....	39
4.2.5	Batería de LiFePO4.....	40
4.3	Analizar la transferencia de energía de la batería al automóvil.....	40

4.3.1	Temperatura de la batería.....	43
4.4	Selección de material para alargar la vida útil de la batería.....	44
4.5	Analizar las propiedades químicas de la batería.....	48
4.5.1	Cátodo.....	49
4.5.2	Ánodo	50
4.5.3	Propiedades químicas de cada batería de ion litio.....	50
4.5.3.1	LiCoO ₂	50
4.5.3.2	LiFePO ₄	51
4.6	Estudio de la eficiencia de los materiales en la batería para vehículos.....	52
CONCLUSIONES.....		55
RECOMENDACIONES.....		58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		59
ANEXOS		
A- FABRICACION DE BATERIAS DE LITIO.....		63
B- MAQUINAS EN LA FABRICACION DE BATERIAS.....		64
C- CELDAS.....		65

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA	Pag	
1	Batería Plomo-Acido.....	21
2	Batería níquel-cadmio.....	25
3	Primer auto con Batería Níquel-Hierro.....	27
4	Modelo de la Batería NiFe	28
5	Parte interna de la Batería níquel- hidruro metal.....	29
6	Batería níquel- hidruro cilíndrica	30
7	Cobalto.....	31
8	Níquel.....	31
9	Manganeso.....	32
10	Carbono de coque.....	32
11	Grafito.....	33
12	Carbones duros.....	33
13	Desglose de los usos de cobalto.....	34
14	Fósforo.....	35
15	Materiales de la batería LiFePO ₄	36
16	Batería de polímero de litio.....	37
17	Modelo de Toyota Prius.....	41
18	Batería de Toyota Prius trasera.....	41

19	Vehículo con batería de ion-litio posee 12 baterías.....	42
20	Carga y descarga de batería ion litio.....	43
21	Gráfica de comportamiento de temperatura del Toyota Pirus.....	44
22	Ventilación para batería de Toyota Prius.....	45
23	Batería LiFePO4.....	46
24	Otros usos de la Batería LiFePO4	47
25	Precios de las baterías ion litio.....	48
26	Esquema de un proceso electroquímica en una celda de Ion-Litio	50
27	Oxido de litio cobalto.....	52
28	Propiedades LiFeP.....	53
29	Baterías de solido.....	55

ÍNDICE CUADRO

CUADRO	Pag
1 Diferentes partes de la batería Plomo-Acido.....	22
2 Materiales de la batería NiCd.....	25
3 Materiales Batería Níquel-Hierro.....	27
4 Materiales de la batería NiHM.....	29
5 Materiales de la batería LiCoO2.....	33
6 Materiales de la batería LiFePO4.....	36
7 Materiales de la batería LiCoO2.....	38

**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA
FABRICACIÓN DE BATERÍAS DE AUTOS ELÉCTRICOS**

Autor: Lara José

Tutor: Ing. Alicia de Pizzella

Fecha: Octubre , 2019

RESUMEN

En el proceso de combustión interna en los vehículos, se emiten varios tipos de gases y partículas que contaminan el medio ambiente. La razón por la que contaminan es porque el combustible diesel y la gasolina contienen impurezas que no se queman del todo en las cámaras de combustión. Las impurezas y el combustible no quemados por las altas temperaturas y la alta compresión se convierten en NO_x SO₂ CO pm CO₂ y H₂O e hidrocarburos. En vista de todo el proceso global que se vive de crisis tanto política como económica y de todas las influencias de las grandes potencias en la adquisición de todos esos hidrocarburos, la humanidad se ha visto obligada a buscar unas alternativas de energía, dentro de esas alternativas para el funcionamiento está el gas y la electricidad .La presente investigación tuvo como objetivo estudiar la eficiencia de los materiales utilizados en la fabricación de las baterías eléctricas usados en autos. Se realizó una investigación documental, se analizaron sus ventajas y desventajas. Así mismo se revisaron las baterías usadas en vehículos híbridos. Metodológicamente es una investigación de proyecto factible, de diseño documental y nivel descriptivo.

Descriptor: conversiones de energía, Bacterias eléctricas, componentes químicos

INTRODUCCIÓN

Los motores de combustión interna de los vehículos emiten varios tipos de gases y partículas que contaminan el medio ambiente, los productos que se emiten en mayor cantidad son: óxidos nitrosos (NO_x), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), compuestos orgánicos volátiles y también macropartículas. A causa de su alto grado de industrialización y actividad económica de las industrias, los transportes que transitan en los países desarrollados son responsables del 30% al 90% del total de los gases contaminantes emitidos por el tráfico en todo el mundo. Además de los gases mencionados también los motores a gasolina emiten compuestos de plomo y pequeñas cantidades de dióxido de azufre y de sulfuro de hidrógeno. La razón por la que los motores de combustión interna contaminan es porque el combustible diesel y la gasolina contienen impurezas que se queman del todo en las cámaras de combustión. Las impurezas y el combustible no quemados por las altas temperaturas y la alta compresión se convierten en NO_x , SO_2 , CO, pm, CO_2 y H_2O e hidrocarburos. En vista de todo el proceso global que se vive de crisis tanto política como económica y de todas las influencias de las grandes potencias en la adquisición de todos esos hidrocarburos, la humanidad se ha visto obligada a buscar unas alternativas de energía, dentro de esas alternativas para el funcionamiento esta el gas y esta la electricidad.

La electricidad es la forma de energía que más se utiliza en nuestros días, fundamentalmente por la facilidad con que se transforma en otras formas de energía. En este sentido, se pueden mencionar innumerables aplicaciones donde la energía eléctrica se convierte en energía mecánica, química o térmica para generar una función específica.

El principal suministro de energía eléctrica se realiza a través de la red eléctrica. Sin embargo, en muchas ocasiones en que se necesita hacer uso de esta energía no se dispone de la red eléctrica o esta no se puede directamente debido a los requerimientos específicos de la aplicación (equipos portátiles, señalizaciones marinas, vehículos eléctricos, etc.). Uno de los principales inconvenientes de la energía eléctrica es la dificultad de su almacenamiento. Las baterías son una de las pocas formas fiables de almacenar energía eléctrica. Estos dispositivos convierten la energía eléctrica en energía química y viceversa;

de esta manera de consigue almacenar energía eléctrica en forma de energía química para utilizarla en el momento que falle el suministro de la red eléctrica o simplemente cuando la requieran determinadas aplicaciones que funcionen con independencia de la red.

El desarrollo en los últimos años de nuevas aplicaciones (vehículos eléctricos, sistemas fotovoltaicos, sistemas de alimentación interrumpida, etc.) han propiciado el surgimiento y desarrollo de nuevas tecnologías de baterías, cada vez más eficientes y fiables. Así, además de las conocidas baterías plomo-acido (Pb-acido), han surgido otras tecnologías como la de níquel-cadmio (Ni-Cd), la de níquel-hidruro-metálico (Ni-MH) y más recientemente la de litio-ion (Li-ion). Estas son algunas de las tecnologías más utilizadas, pues existen innumerables combinaciones químicas que se pueden usar para almacenar energía eléctrica en forma de energía química.

En los siguientes apartados de este capítulo se clasifican los diferentes tipos de baterías y se describe la terminología que se ha adoptado. Además, se realiza un análisis comparativo de las principales tecnologías de batería de media y gran capacidad que se utilizan en aplicaciones donde se requieren repetidos ciclos de carga-descarga.

El crecimiento mercado de las baterías ha incentivado la investigación tanto de nuevas combinaciones electroquímicas, que den lugar a tecnologías con mejores prestaciones, como de formas y métodos eficientes de utilización de estos sistemas (selección óptima de tecnologías, mantenimiento, métodos de carga, criterios de detección de fin de carga, etc.).

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento De Problema

Los motores de combustión interna de los vehículos emiten varios tipos de gases y partículas que contaminan el medio ambiente, los productos que se emiten en mayor cantidad son: óxidos nitrosos (NO_x), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), compuestos orgánicos volátiles y también macropartículas. A causa de su alto grado de industrialización y actividad económica de las industrias, los transportes que transitan en los países desarrollados son responsables del 30% al 90% del total de los gases contaminantes emitidos por el tráfico en todo el mundo. Además de los gases mencionados también los motores a gasolina emiten compuestos de plomo y pequeñas cantidades de dióxido de azufre y de sulfuro de hidrógeno. La razón por la que los motores de combustión interna contaminan es porque el combustible diesel y la gasolina contienen impurezas que se queman del todo en las cámaras de combustión. Las impurezas y el combustible no quemados por las altas temperaturas y la alta compresión se convierten en NO_x SO_2 CO pm CO_2 y H_2O e hidrocarburos. En vista de todo el proceso global que se vive de crisis tanto política como económica y de todas las influencias de las grandes potencias en la adquisición de todos esos hidrocarburos, la humanidad se ha visto obligada a buscar unas alternativas de energía, dentro de esas alternativas para el funcionamiento esta el gas y esta la electricidad.

Existen diferentes tipos de energías renovables, así como se pueden obtener energía de muchas maneras, solo hay que transformarla, en este caso, en energía eléctrica. En la naturaleza se encuentra una variedad de fuentes inagotables de las que extraer energía, como el viento, el agua o el sol, entre otras.

- **Energía solar:** La energía solar es aquella que obtenemos del sol. A través de placas solares se absorbe la radiación solar y se transforma en electricidad que puede ser

almacenada o volcada a la red eléctrica. Luego, existe la energía solar termoeléctrica, que es aquella que utiliza la radiación solar para calentar un fluido (que puede ser agua), hasta que genere vapor, y accione una turbina que genere electricidad.

- **Energía eólica:** En este caso la generación de electricidad se lleva a cabo con la fuerza del viento.

- **Energía hidroeléctrica:** La energía hidroeléctrica o hidráulica es otra de las energías alternativas más conocidas. Utiliza la fuerza del agua en su curso para generar la energía eléctrica y se produce, normalmente, en presas.

- **Biomasa:** Esta energía alternativa es una de las formas más económicas y ecológicas de generar energía eléctrica en una central térmica. Consiste en la combustión de residuos orgánicos de origen animal y vegetal. Con producto biodegradable, como serrín, cortezas y todo aquello que pueda ir “al contenedor marrón”, se puede prensar un combustible que prenda el fuego a modo de yesca, siendo sustituible el carbón por este producto y, a gran escala, pudiendo ser utilizado para producción de energía de forma renovable.

- **Biogás:** El biogás es una energía alternativa producida biodegradando materia orgánica, mediante microorganismos, en dispositivos específicos sin oxígeno, así se genera un gas combustible que se utiliza para producir energía eléctrica.

- **Energía del mar:** La mareomotriz o un dimotriz según si aprovecha la fuerza de las mareas o de las olas, es la producción de energía (eléctrica) gracias a la fuerza del mar.

- **Energía geotérmica:** Energía alternativa que nace en el corazón de la tierra, la energía geotérmica es aquella que aprovecha las altas temperaturas de yacimientos bajo la superficie terrestre (normalmente volcánicos) para la generación de energía a través del calor, pues suelen encontrarse a 100 o 150 grados centígrados.

Entre estas alternativas se ha desarrollado la evolución de los vehículos de combustión interna, convirtiéndolos en vehículos eléctricos. Para impulsar el movimiento de un vehículo eléctrico se necesita de una batería.

La batería es un acumulador y proporciona la energía eléctrica para el motor de arranque de un motor de combustión, La batería eléctrica usada como fuente de energía para la tracción de un vehículo eléctrico se les denomina baterías de tracción. Los vehículos híbridos pueden utilizar cualquiera de los dos tipos de baterías. Una batería de tracción es una batería eléctrica que impulsa el movimiento de un vehículo eléctrico o híbrido eléctrico. Se distingue de la batería de arranque, que permite alimentar el motor de arranque y el equipamiento eléctrico del vehículo.

Aunque los vehículos híbridos consumen menos combustible que los vehículos convencionales, aún existe un problema en relación con el daño ambiental de la batería del coche híbrido. Hoy en día la mayoría de las baterías de los vehículos híbridos son uno de los dos tipos hidruro metálico de níquel, o Batería de ion de litio; ambos son considerados como más ecológicos que la batería de plomo y ácido que constituyen el grueso de las baterías de arranque del coche de gasolina en la actualidad.

1.2 Formulación de problema.

¿Cómo se podría alargar la vida útil en el funcionamiento de las baterías en los automóviles?

1.3Objetivos de la investigación.

1.3.1Objetivo General

Evaluar cuales son los materiales que se pueden utilizar en el alargamiento de vida y el tiempo de duración útil en el funcionamiento de la batería.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Diagnosticar la evolución de materiales usados en la fabricación de baterías de tracción.
- Identificar los procesos de funcionamiento de la vida útil de las baterías.
- Analizar la transferencia de energía de la batería al automóvil.
- Selección de material para alargar la vida útil de la batería.
- Analizar las propiedades químicas de la batería.

- Estudio de la eficiencia de los materiales en la batería para vehículos híbridos.

1.4 Justificación.

La humanidad se ha encargado de diseñar nuevos vehículos eléctricos para evitar la contaminación ambiental ya que los de combustión ha afectado la corteza terrestre por : óxidos nitrosos (NO_x), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), compuestos orgánicos volátiles y también macropartículas. La Federación de Industrias Alemanas lo lleva advirtiendo desde hace bastante tiempo: se acerca una escasez de materias primas ante una demanda que crece más rápido que la capacidad de producción. Más del 60 % del cobalto proviene de la República Democrática del Congo (RDC), donde los temores sobre la inestabilidad política y los desafíos del abastecimiento ético se combinan para poner en peligro el suministro. Sin cobalto, cobre, grafito, litio o manganeso no habrá tecnología eléctrica, al menos hasta que haya alternativas viables.

1.5 Alcance

- Se hará una investigación del comportamiento en los materiales de las baterías de vehículos híbridos.
- Se analizan los riesgos que tienen en la fabricación de las baterías para vehículos híbridos para la humanidad.

1.6 Limitaciones

Solo se hará la investigación mediante páginas, libros, revistas, etc. Y no en empresas donde fabriquen tanto las baterías como el material.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

M. C. Bermúdez (2018) efectuaron una investigación llamada: **“Materiales para desarrollar nuevas baterías de Ion-Litio y Post-Litio”**, presentado en la Universidad de Córdoba de España. En esta tesis doctoral se han sintetizado materiales de electrodo para baterías de ion-litio y post-litio, y se han construido celdas electroquímicas que permiten el estudio de las reacciones electroquímicas y de inserción que tienen lugar. Se han sintetizado óxidos de metales de transición en el rango micro y nano-métrico para su empleo en baterías recargables. Se han preparado electrodos con nanotubos de dióxido de titanio auto-organizados a través de anodización, y también mediante electrodeposición de películas finas formando “composites” con propiedades únicas, como $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ o $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$.

Además, se han sintetizado materiales carbonosos avanzados. Todos estos materiales de electrodo se han probado en celdas recargables de litio [1-3] y de sodio [4-6], de dos y de tres electrodos y en celdas tipo “flooded-cell”. Por otra parte, en cuanto a las baterías post-litio multivalentes [7-12] se han preparado los compuestos CaCo_2O_4 , MgMn_2O_4 , $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ y $\text{NaV}_6\text{O}_{15}$. A través del método sol-gel, o método del precursor o por vía hidrotermal, y se ha evaluado la viabilidad de los mismos en baterías multivalentes (magnesio, calcio y aluminio) de dos y tres electrodos y de tipo “flooded-cell”. Finalmente, se ha llevado a cabo una caracterización físico-química de los materiales tanto antes como después de su empleo como electrodo en la batería. En cuanto a las baterías de ion litio, se ha conseguido la síntesis de nuevos materiales anódicos nanoarquitecturados para baterías de ion litio como son $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}/\text{TiO}_2/\text{Li}_3\text{PO}_4$ con morfología de nanobosque y nanotubos de $\text{TiO}_2/\text{Li}_3\text{PO}_4$, a través de una ruta de fabricación basada en procedimientos electroquímicos. Estos electrodos negativos tienen una configuración que les permite estar libres de aditivos aglomerantes. La morfología de nanobosque es muy útil para facilitar el contacto entre caras del material activo y del electrolito. Además, las películas electrolíticas

de Li_3PO_4 se electrodepositaron con éxito sobre la matriz de nanotubos de TiO_2 . Esta película se mantiene a lo largo del ciclado electroquímico y desempeña un papel importante al mejorar la conductividad y permitir una rápida movilidad de los iones litio.

La investigación de este trabajo nos permitirá conocer sobre sus componentes químicos y nuevos materiales de electrodos, para incrementar la energía, la potencia y la vida útil de los dispositivos.

Así mismo, N. C. Pedrayes (2016) en su trabajo de grado **llamado “Materiales anódicos alternativos para el desarrollo de baterías Ion-Litio sostenibles”** presentado en la Universidad de Oviedo. El objetivo final de esta tesis es desarrollar ánodos eficientes para baterías de Ion-Litio que permitan incrementar la energía, minimizando el impacto medioambiental asociado a su fabricación, utilización y reciclado. El trabajo se ha estructurado en tres actividades que están relacionadas con los objetivos específicos. Primero se prepararon nanofibras de grafito mediante tratamientos térmicos a alta temperatura de nanofibra de carbono producidas en la descomposición catalítica de biogás, una fuente de energía renovable. Estos nanomateriales con estructura tridimensional muy ordenada se utilizaron como material activos de ánodos de baterías de ion-litio. Sus prestaciones electroquímicas son comparables e incluso superiores, a altas intensidades de corrientes, a las del grafito sintético de tamaño micrométrico que se produce a partir de combustibles fósiles, y se utiliza en las baterías de ion-litio comerciales.

El tamaño de partículas nanométricas reduce el tiempo de difusión de los iones durante el proceso de intercalación/desintercalación permitiendo cargas/descargas más rápidas, haciendo de las nanofibras de grafito potenciales candidatos para baterías ion-litio de alta potencia. Por último, con la finalidad de conseguir materiales anódicos que permitan mejorar las prestaciones de las baterías de ion-litio manteniendo los principios de sostenibilidad, se prepararon materiales compuestos silicio/nanofibras de carbono mediante diferentes procedimientos. Estos se utilizaron como mezcla activa en los electrodos, aprovechando que la capacidad teórica del silicio es diez la del grafito, y que las nanofibras de carbono actúan como matriz para acomodar los cambios de volumen asociados al proceso de litización/deslitización del silicio que provoca deterioro progresivo del electrodo.

Los electrodos formados por una mezcla activa nanosilicio/nanofilamentos de carbono procedentes del biomas con una cierta área superficial y porosidad, carboximetilcelulosa sódica como aglomerante y carbón Black como aditivo conductor son los más adecuados. Así, se han registrado valores de capacidad específica 2,5 veces superior al electrodo de grafito, con retenciones de la capacidad y eficacia comparables, e incluso, hasta 5 veces superior a intensidades de corriente muy altas, lo que supone un notable incremento de la densidad de energía y potencia de la batería. Todo ello ha sido posible, además, mediante proceso de preparación del material compuesto Si/C fácilmente escalable.

El desarrollo de este trabajo de tesis doctoral ha permitido la identificación de una serie de materiales activos y aglomerantes alternativos para su empleo en los ánodos de las baterías de Ion/Litio que mejoran las prestaciones, y al mismo tiempo, reducen el impacto medioambiental provocado por estos dispositivos, contribuyendo, en consecuencia, a la implantación definitiva de vehículo eléctrico y de los sistemas de almacenamiento a gran escala de energía eléctrica de forma sostenible.

2.2 Bases teóricas

Las bases teóricas que fundamentan los enfoques conceptuales del problema investigar fueron objeto de una profunda revisión bibliografía, lo que permitió relacionar la teoría con la realidad donde se encuentran los elementos influyentes en el problema.

2.2.1 Misión de la batería.

Una batería es un conjunto de células, en cada una de las cuales tiene lugar una reacción química reversible en la que se produce un intercambio de iones y electrones entre sus dos polos. En la “dirección de descarga”, se produce una corriente eléctrica que es capaz de mover el motor eléctrico que impulsa el coche, mientras que en la “dirección de recarga” iones y electrones vuelven a su situación original a partir de un aporte de energía externo. Las dos características fundamentales, que determinan el comportamiento, rendimiento y duración de una batería son, por un lado, los elementos químicos escogidos para dar lugar a la reacción dentro de cada célula y, por otro, la electrónica que controla todo el proceso de descarga y recarga. Este artículo se centra exclusivamente en la parte química. Las células de la batería son su parte esencial, determinando su coste y

rendimiento, de forma que la mayoría de los esfuerzos investigadores se encuentran actualmente dirigidos a mejorar este elemento clave. Cada célula consta de un cátodo (electrodo positivo) un ánodo (electrodo negativo) y un electrolito, que separa ambos electrodos y constituye el medio neutral para la transferencia de carga dentro de la célula. Antes de entrar en las diferentes químicas posibles, cabe decir que las células pueden adoptar forma prismática, cilíndrica o de plancha, aportando diferentes ventajas e inconvenientes en cuanto a densidad energética, disipación del calor y aprovechamiento del espacio, que las convierten en más o menos adecuadas para los diferentes usos.

2.2.2 Químicas posibles para baterías de autos eléctricos.

Existen tres tipologías de baterías, atendiendo a su química, cuyo desarrollo actual las hace adecuadas para alimentar el motor de un coche eléctrico: las baterías de Plomo-Ácido, las baterías de Metal-Níquel y, finalmente, las baterías de Ion-Litio. Escoger entre los diferentes tipos de baterías es siempre una decisión de compromiso entre densidad energética, potencia específica, costes, seguridad y durabilidad.

2.2.2.1 Las baterías de Plomo-Ácido

Son la opción de bajo coste, y se han utilizado durante décadas para arrancar nuestros motores de combustión. Entre sus ventajas, además del bajo coste y estandarización universal, se encuentran su buena potencia específica (W/kg), buen comportamiento en un amplio rango de temperaturas, buena retención de la carga en el tiempo y son relativamente fáciles de reciclar. Sólo pueden almacenar unos 40 Wh/kg, una densidad energética muy pobre como veremos más adelante.

2.2.2.2 Las baterías de Níquel-Metal.

Han sido las preferidas por el archiconocido Toyota Prius durante sus más de 10 años de historia, por lo que han demostrado sobradamente su capacidad para responder con solidez en las entrañas de un híbrido no enchufable. Su potencia específica es correcta, su ciclo de vida largo y no presentan problemas medioambientales, mientras que tienen un alto índice de descarga en periodos de inactividad (pierden el 30% de la carga en un mes paradas) y su coste de producción es algo elevado por incorporar tierras raras en el electrodo positivo. Sus 60 Wh/kg las hace superiores a las de Plomo-Ácido, pero las

mantiene todavía cierta distancia del Litio, que, no en vano, es el más ligero de los elementos de la tabla periódica que no es un gas a temperatura ambiente.

2.2.2.3 Las baterías de Ion-Litio.

De las que existen muchas variedades, parecen estar llamadas a prevalecer, pues sus características técnicas más importantes mejoran sustancialmente a las dos opciones anteriores, si bien introducen también algún que otro problema en la ecuación. Su voltaje, densidad energética, potencia específica, carga utilizable, eficiencia de recarga y ciclo de vida son muy superiores a las de sus dos rivales, al tiempo que su índice de descarga es mucho menor.

Como inconveniente, cabe señalar su menor robustez ante variaciones de voltaje, que obliga a incorporar costosos sistemas de gestión de las baterías para su protección y correcto funcionamiento. De ello y de su propia composición química se deriva un coste de producción también mayor que sus rivales, tema a tener muy en cuenta dada su extrema relevancia en la competitividad del coche eléctrico.

2.2.3 La Batería Automotriz

Es un dispositivo que almacena energía química para ser liberada después en forma de energía eléctrica en el momento de poner en marcha el motor del vehículo. Cuando la batería se conecta a un consumo externo de corriente, como un motor, la energía química se convierte en energía eléctrica y fluye a través del circuito. Una vez encendido el vehículo el alternador se encarga de recargar la batería convirtiendo la energía eléctrica en energía química nuevamente (proceso reversible).

2.2.4 Energía química

Es un recurso natural con distintos elementos asociados que permiten hacer una utilización industrial del mismo. El concepto refiere a la capacidad de poner en movimiento o transformar algo. La química, por su parte, hace referencia la composición, la lectura y propiedades de la materia. El término también permite nombrar a la ciencia que estudia estos aspectos junto a las modificaciones que experimenta la materia durante las denominadas reacciones químicas.

La energía química, por lo tanto, es aquella producida por reacciones químicas. Un ejemplo de energía química es la que desprende el carbón al quemarse. Las pilas y las baterías también poseen energía química.

2.2.5 Energía eléctrica.

La energía eléctrica o electricidad es la corriente de energía que se origina de la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos determinados, cuando se los pone en contacto mediante un transmisor eléctrico. Dicha corriente consiste en la transmisión de cargas negativas (electrones) a través de un material propicio para ello, como suelen ser los metales, desde el punto de su generación (y/o almacenamiento) hasta el punto de consumo, que usualmente la aprovecha para convertirla en otras formas de energía: lumínica, mecánica o térmica. En la vida cotidiana, la energía eléctrica que consumimos proviene de un tendido o una red eléctrica, a la cual accedemos mediante enchufes o tomacorrientes, así como de la instalación de circuitos eléctricos en nuestros hogares, como los que activamos al encender un interruptor de la luz. Esta red es alimentada por las empresas que proveen de dicho servicio, las cuales suelen estar a cargo de la generación y distribución de la electricidad en las ciudades, regiones o países enteros. La electricidad existe en la naturaleza y forma parte importante de numerosos procesos biológicos, entre los cuales figura el propio cuerpo del hombre. Las neuronas de nuestro cerebro y los impulsos nerviosos de nuestra médula espinal, por ejemplo, son de naturaleza eléctrica, tal y como lo es la pequeña descarga que ciertas anguilas son capaces de transmitir al sentirse amenazadas. Otro perfecto ejemplo de ello son las tormentas eléctricas, en las cuales se producen relámpagos

2.2.6 Acumuladores eléctricos.

En Electricidad y Electrónica, un acumulador o batería de acumuladores es un dispositivo que almacena energía por procedimientos electroquímicos y de la que se puede disponer en forma de electricidad. Es necesario distinguir entre baterías recargables o acumuladores y baterías desechables o pilas. La diferencia entre ambos tipos está en que las baterías recargables permiten revertir la reacción química que se ha producido durante la descarga mediante la aplicación en sus electrodos de una corriente eléctrica de procedente

de un generador externo. En el caso de las pilas esta reversión no es posible por lo que una vez descargadas han de ser desechadas. Los acumuladores se basan en la fuerza electromotriz (F.E.M.) de polarización que se crea durante un proceso de electrolisis y que se opone a la F.E.M. aplicada para llevar a cabo esa electrolisis.

2.2.7 Características técnicas de la batería.

2.2.7.1 Electrolito.

Es una solución de Ácido Sulfúrico y agua (destilada), con una densidad específica que podría establecerse dentro de un rango de 1.200 gr/cc a 1.400 gr/cc, estos valores están definidos de acuerdo a la capacidad de la batería, uso, temperatura, régimen de descarga, diseño, materiales en la fabricación de la batería entre otras condiciones.

2.2.7.2 Placa o electrodo.

Estas se componen de la materia activa y la rejilla. La materia activa que rellena las rejillas de las placas positivas es dióxido de plomo, en tanto la materia activa de las placas negativas es plomo esponjoso. En estas últimas también se emplean pequeñas cantidades de sustancias tales como sulfato de bario, negro de humo y lignina. Se distinguen las placas Planté y las placas empastadas; éstas últimas pueden ser planas o tubulares.

2.2.7.3 Rejillas.

La rejilla es el elemento estructural que soporta la materia activa. Sus construcciones a base de una aleación de plomo con algún agente endurecedor como el antimonio o el calcio. Otros metales como el arsénico, el estaño, el selenio y la plata son también utilizados en pequeñas cantidades en las aleaciones. Las rejillas se fabrican en forma plana o tubular.

2.2.7.4 Separadores.

Los separadores son elementos de material microporoso que se colocan entre las placas de polaridad opuesta para evitar un corto circuito. Entre los materiales utilizados en los separadores tipo hoja se encuentran los celulósicos, los de fibra de vidrio y los de PVC. Los materiales utilizados en los separadores tipo sobre son poliméricos siendo el más utilizado el PE.

2.2.7.5 Carcasa.

Es fabricada generalmente de PP y en algunos casos de ebonita (caucho endurecido); en algunas baterías estacionarias se utiliza el estireno acrilonitrilo (SAN) que es transparente y permite ver el nivel del electrolito. En el fondo de la carcasa o caja hay un espacio vacío que actúa como cámara colectora de materia activa que se desprende de las placas.

2.2.7.6 Conectores.

Piezas destinadas a conectar eléctricamente los elementos internos de una batería; están hechos con aleaciones de plomo-antimonio o plomo cobre.

2.2.7.7 Terminales.

Bornes o postes de la batería a los cuales se conecta el circuito externo. Generalmente las terminales se fabrican con aleaciones de plomo.

2.2.8 Baterías para vehículos híbridos.

Las baterías son el elemento fundamental de híbridos y eléctricos. En ellas está la clave de su viabilidad técnica y económica, el principal problema y, por tanto, también el mayor desafío tecnológico dentro de ese tipo de planta motriz que parece condenada a conquistar el mundo a cámara lenta.

Para impulsar un vehículo mediante electricidad es necesario poder generar o transportar enormes cantidades de energía eléctrica dentro del propio vehículo. La generación de energía eléctrica a través de una pila de combustible de hidrogeno, ya tratada en esta misma serie de artículos, se presenta como una posible solución a bastante largo plazo. Mientras tanto, las baterías constituyen ya el presente y tal vez el futuro del coche eléctrico por lo que es fundamental comprender su funcionamiento, sus limitaciones, su situación tecnológica actual y sus perspectivas de futuro.

2.3 Definición de términos

La Batería Automotriz: Almacena energía química para ser liberada después en forma de energía eléctrica en el momento de poner en marcha el motor del vehículo.

Baterías para vehículos híbridos: Las baterías son el elemento fundamental de híbridos y eléctricos

Ácido Sulfúrico: Compuesto químico extremadamente corrosivo cuya fórmula es H_2SO_4 , tiene un olor picante y penetrante. Esta es la sustancia más importante de la industria química mundial.

Acumuladores Eléctricos: Dispositivo que almacena energía eléctrica, usando procedimientos electroquímicos y que posteriormente la devuelve casi en su totalidad.

Amperaje: Fuerza o potencia de una corriente eléctrica circulando entre dos puntos, estos son el negativo y el positivo a través de un conductor o cable eléctrico. La corriente eléctrica circula del negativo hacia el positivo.

Carga: Energía electrostática almacenada por una batería.

Electrolito Líquido: Sustancia que contiene iones libres, los que se comportan como un medio conductor eléctrico.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÒGICO

En todo proyecto de investigación, se hace necesario establecer el Marco Metodológico el cual va a aludir al conjunto de procedimientos lógicos, técnicos y operacionales implícitos en todo proceso de investigación, con el objeto de ponerlos en manifiesto y sistematizarlos; con la finalidad de permitir descubrir y analizar los supuestos del estudio y de reconstruir los datos, a partir de los conceptos teóricos preestablecidos.

El marco metodológico se refiere entonces, al conjunto de métodos, técnicas e instrumentos que permitió obtener información requerida para llevar a cabo la investigación. Arias, F. (2006), al respecto estableció que “la metodología del proyecto incluye, el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “cómo” se realizará el estudio para responder al problema planteado”. (Página 110). Se evidencio entonces, la importancia de la formulación del marco metodológico en una investigación, ya que su propósito permitió, analizar y describir los supuestos del estudio y de reconstruir los datos, comenzando desde los conceptos teóricos, habitualmente operación alzados. En el marco metodológico se definió detalladamente cada uno de los aspectos que fue relacionado con la metodología que fue seleccionada para desarrollar la investigación, los cuales fueron utilizados por el investigador.

3.1 Tipos de investigación

La investigación propuesta, está respaldada en una investigación Documental. Según Hurtado (2000), define el tipo de estudio como: “el esquema general o marco estratégico que le da a la unidad, coherencia, secuencia y sentido práctico a todas las actividades que se pretenden para buscar respuestas al problema y objetivos planteados” (Página 80). El objetivo de la investigación documental es elaborar un marco teórico conceptual para formar un cuerpo de ideas sobre el objeto de estudio y descubrir respuestas a determinados

interrogantes a través de la aplicación de procedimientos documentales. Siguiendo el mismo orden de ideas Arias (2006), define la investigación documental como:

Un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos (Página 27).

Cabe destacar que el presente trabajo, se basa en una investigación documental, debido a que se realizaron investigaciones en los registros históricos, en diversas fuentes y material bibliográfico; que permitieron implementar adecuadamente las técnicas y métodos de investigación.

3.2 Diseño de investigación

Según el autor S. Palella y F. Martins (2010), define: La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes. Indaga sobre un tema en documentos-escritos u orales- uno de, los ejemplos más típicos de esta investigación son las obras de historia. (Pagina 90).

3.3 Nivel de investigación.

La investigación propuesta tiene un nivel descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. En función a esto, Tamayo y Tamayo (1998), señalan que la investigación de tipo descriptivo “comprende la descripción, registros, análisis e interpretación de la naturaleza actual o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis” (Pagina 61). De acuerdo a lo anterior, la investigación propuesta tiene un nivel descriptivo, ya que se describieron y analizaron los parámetros actuales que condicionan las cargas y descargas rápidas de las baterías.

3.4 Población y Muestra.

El tamaño que tiene una población es un factor de suma importancia en el proceso de investigación y este tamaño viene dado por el número de elementos que constituyen la población, según este número, la población puede ser finita o infinita. Cuando el número de elementos que integra la población es muy grande, se puede considerar a esta como una población infinita. Cuando la población es muy grande, es obvio que la observación y/o medición de todos los elementos implica gran complejidad, en cuanto al trabajo, tiempo y costos necesarios para hacerlo. Para solucionar este inconveniente se utiliza una muestra estadística.

3.4.1 Población

Una población se precisa como un conjunto finito o infinito de personas u objetos que presentan características comunes. Según Arias (2006), se entiende por población el “conjunto finito o infinito de elementos con características comunes, para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda limitada por el problema y por los objetivos del estudio” (Pagina 81).

La población representa un sub-conjunto del universo conformado en atención a un cierto número de variables que se va a estudiar y que lo hacen un sub-conjunto particular con respecto al grupo restante del universo. Según las definiciones presentadas con anterioridad, la población a considerar será una población finita, la cual estará conformada por los tipos de baterías de automóviles que existen.

3.4.2 Muestra

En cuanto a la muestra, Arias (2006), plantea que “la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (página 83). Así pues, una muestra representativa “es aquella que por su tamaño y características similares a las del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido” (página 83). Por otra parte, las muestras pueden ser probabilísticas o no probabilísticas. Una muestra probabilística se elige mediante reglas matemáticas, por lo que la probabilidad de selección de cada unidad es conocida de antemano. Por el contrario, una muestra no probabilística no se rige por las reglas matemáticas de la probabilidad. De ahí que, mientras en las muestras probabilísticas es

posible calcular el tamaño del error muestral, no es factible hacerlo en el caso de las muestras no probabilísticas. En este caso serán las baterías de automóviles eléctricos.

3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.

Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Las técnicas son de hecho, recursos o procedimientos de los que se vale el investigador para acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento y se apoyan en instrumentos para guardar la información tales como: el cuaderno de notas para el registro de observación y hechos, el diario de campo, tormenta de ideas, los mapas, la cámara fotográfica, la grabadora, la filmadora, el software de apoyo; elementos estrictamente indispensables para registrar lo observado durante el proceso de investigación. De acuerdo a lo anterior, Sabino (1992), afirma que:

La recolección de los datos primarios que convenientemente analizados den respuesta a los objetivos generales y específicos del proyecto procederán del contacto directo de la realidad empírica, las técnicas encaminadas a recogerlos tendrán que reflejar, necesariamente, toda la variedad y diversidad compleja de situaciones que se presentan en la vida real (página 45).

Ahora bien, la aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser guardada en un medio material de manera que los datos puedan ser recuperados, procesados, analizados e interpretados posteriormente. Para el autor Arias (2006), “un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (página 69).

3.5.1 Técnicas

De acuerdo con Arias (2006), “en este punto se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan” (página 99); la misma fuente plantea, “toda investigación requiere de técnica de análisis de resultado, para poder facilitar el establecimiento de la propuesta, las posibles soluciones al problema planteado y cristalizar la realización de los objetivos determinados” (página 99). Para esta investigación la técnica a usar será revisión documental.

3.5.2 Instrumentos

Para Sabino (2000), “son los recursos de que puede valerse el investigador para acercarse a los problemas y fenómenos, y extraer de ellos la información.

3.6 Fases Metodológicas

Fase I: Diagnostico de la evolución de materiales usados en la fabricación de baterías de tracción.

Mediante libros, asesoría en empresa Duncan titán Cagua y páginas de internet se hará una investigación sobre los materiales que están compuestos desde la primera batería que existió hasta la última. Pero también fabricar baterías de vehículos híbridos conlleva a un problema que es la guerra por el cobalto.

Fase II: Identificar los procesos de funcionamiento de la vida útil de las baterías.

En esta etapa se analizará el comportamiento de la batería, comprobando con algunos tipos de materiales sus densidades, potencias, etc. Para así identificar cual tiene mayor ciclo de vida. Estas investigaciones se hará con la ayuda de internet, libros y asesoría en la empresa Duncan titán Cagua

Fase III: Analizar la transferencia de energía de la batería al automóvil.

Se hará un análisis mediante libros, internet y asesoría en la empresa Duncan titan de cagua sobre como la batería le transmite la corriente al vehiculo, y que permite que el vehículo ande en marcha gracias a las baterías.

Fase IV: Selección de material para alargar la vida útil de la batería.

Analizando las diferentes propiedades y comportamiento investigada en internet y en libro sobre las baterías se seleccionara un material que se recomendaría para

Fase V: Analizar las propiedades químicas de la batería.

Mediante internet y libros, se analizaran los diferentes elementos y compuestos químicos que tienen las baterías Ion-Litio.

Fase VI: Estudio de la eficiencia de los materiales en la batería para vehículos híbridos.

En este caso se escogerán los materiales más eficientes, con mayor eficiencia. Esta investigación se hará con la ayuda del internet y libro

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Diagnóstico de la evolución de materiales usados en la fabricación de baterías de tracción.

Mediante el diagnóstico se ha conocido que existen diferentes tipos de materiales con diferentes aleaciones desde que se creó la primera batería recargable para vehículos conocida como la de Gastón Plante que es la de Plomo-Acido hasta la última que son las baterías de Ion-Litio.

4.1.1 Batería Plomo-Acido

En 1860 se creó la primera Batería con materiales de Plomo sumergidos en ácido sulfúrico por el físico Francés G. Plante, llamada batería Plomo-Acido.(ver figura 1 y cuadro 1)

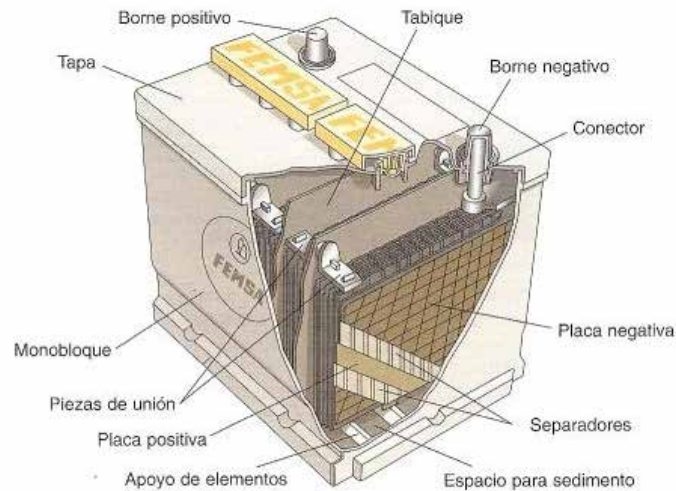

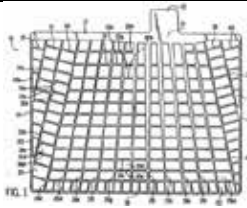
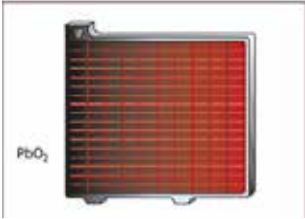

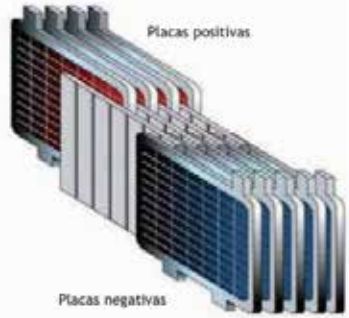
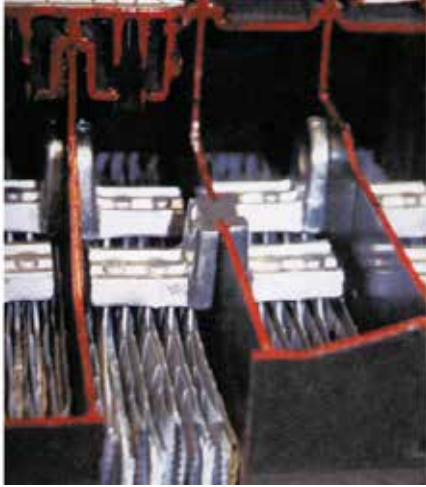


Figura 1 Batería Plomo-Acido

Fuente: Marks (2001)

Cuadro 1: Diferentes partes de la batería Plomo-Acido

Componentes de batería Plomo- Acido	Materiales	Esquema
Caja	Polipropileno	
Rejillas	Plomo, Calcio	
Placas Positivas	Dióxido de Plomo (Peroxido) en forma de pasta colocada sobre el armazón de la rejilla.	
Placas negativas	Es pegado en la cuadrícula por Plomo poroso crudo, llamado plomo esponjoso.	

Separadores	Los separadores pueden estar hechos de papel revestido con resina, caucho poroso, fibra de vidrio o plástico expandido	
Tabique	Plomo	

Fuente: Lara (2019)

Ø **Ventajas**

- Bajo precio
- Buena respuesta en frio

Ø **Desventaja**

- Son pesadas
- El plomo es toxico
- El proceso de recarga es lenta

4.1.2 Plomo-Acido AGM

A principio de la década de 1980 se crea la batería AGM los materiales son lo mismo que la plomo-acido con la diferencia que posee una almohadilla de fibra de vidrio situada entre los electrodos en el que se almacena el acido.

4.1.3 Funcionamiento del electrolito

Battery University 2019. El ácido sulfúrico es incoloro con un ligero tinte amarillo verdoso, soluble en agua y altamente corrosivo. La decoloración a un tono marrón puede ser causada por la oxidación por corrosión anódica o por el agua que ingresa en la batería.

Las baterías de plomo ácido vienen con diferentes gravedades específicas (SG). Las baterías de ciclo profundo usan un electrolito denso con un SG de hasta 1.330 para lograr una alta energía específica, las baterías de arranque contienen un SG promedio de aproximadamente 1.265 y las baterías estacionarias vienen con un SG bajo de aproximadamente 1.225 a corrosión moderada y promueven la longevidad.

Ø Ventajas

A prueba de derrames a través de encapsulación de ácido en tecnología de esterilla

Alta potencia específica, baja resistencia interna, sensible a la carga.

Carga hasta 5 veces más rápida que con tecnología inundada

Mejor ciclo de vida que con sistemas inundados

Retención de agua (el oxígeno y el hidrógeno se combinan para producir agua)

Resistencia a la vibración debido a la construcción sandwich

Resiste bien a temperatura fría

Menos propenso a la sulfatación si no se carga regularmente.

Tiene menos electrolitos y plomo que la versión inundada.

Ø Desventaja

Mayor costo de fabricación que inundado

Sensible a la sobrecarga (AGM tiene tolerancias más estrictas que el gel)

La capacidad tiene una disminución gradual (el gel tiene un domo de rendimiento)

Baja energía específica

Debe almacenarse en estado cargado (menos crítico que inundado)

4.1.4 Batería níquel-cadmio

Inventado por Waldemar Jungner en 1899, la batería de níquel-cadmio ofrecía varias ventajas sobre el ácido de plomo, entonces la única otra batería recargable, Sin embargo, los materiales para NiCd eran caros. Los desarrollos fueron lentos, pero en 1932, se hicieron avances para depositar los materiales activos dentro de un electrodo poroso niquelado. Otras mejoras ocurrieron en 1947 al absorber los gases generados durante la carga, lo que condujo a la moderna batería sellada de NiCd.(ver cuadro 2 y figura 2)

Cuadro 2: Materiales de la batería NiCd

NiCd	Cátodo (positivo)	Ánodo (negativo)	Electrolito
Material	Oxihidroxido de Níquel	Cadmio	Hidróxido de potasio

Fuente: Lara (2019)

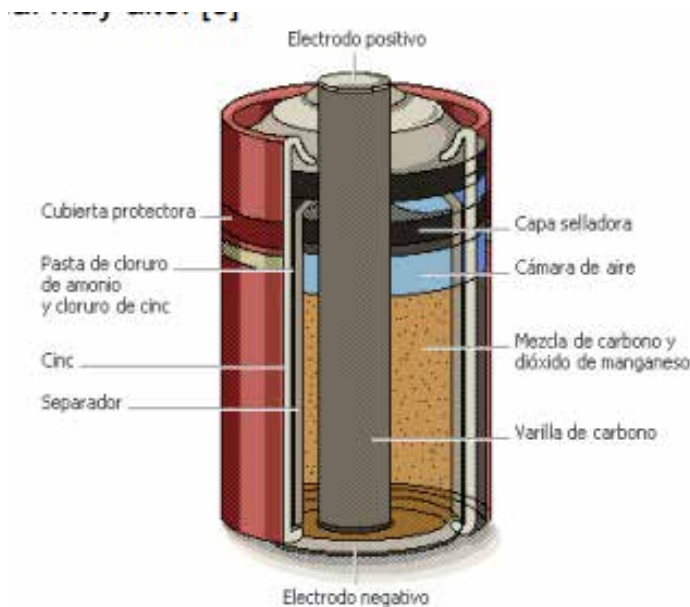


Figura 2 Batería níquel-cadmio

Fuente Battery University 2019.

4.1.5 Funcionamiento del electrolito

Battery University 2019. El electrolito en NiCd es un electrolito alcalino (hidróxido de potasio). La mayoría de las baterías de NiCd son cilíndricas en las que varias capas de materiales positivos y negativos se enrollan en un rollo de gelatina. La versión inundada de NiCd se utiliza como batería de barco en aviones comerciales y en sistemas UPS que operan en climas cálidos y fríos que requieren ciclos frecuentes. El NiCd es más caro que el ácido de plomo pero dura más.

Ø **Ventajas**

Resistente, cuenta de alto ciclo con mantenimiento adecuado

Solo batería que puede cargarse ultra rápidamente con poco estrés

Buen rendimiento de carga, indulgente si se abusa

Larga vida útil, se puede almacenar en un estado descargado, necesita cebar antes de usar

Almacenamiento y transporte simple, no está sujeto a control reglamentario

Buen rendimiento a baja temperatura precio económico, NiCd es el más bajo en términos de costo por ciclo

Disponible en una amplia gama de tamaños y opciones de rendimiento

Ø **Desventajas**

Energía específica relativamente baja en comparación con los sistemas más nuevos

Efecto de memoria, necesita descargas periódicas completas y puede rejuvenecerse

El cadmio es un metal tóxico. No se puede desechar en vertederos

Alta autodescarga, necesita recargarse después del almacenamiento

El bajo voltaje de celda de 1.2V requiere muchas celdas para lograr alto voltaje.

4.1.6 Batería Níquel-Hierro

En 1901, Thomas Edison continuó el desarrollo de la batería de níquel-hierro como sustituto del ácido de plomo para los vehículos eléctricos. Afirmó que el níquel-hierro era "muy superior a las baterías que usan placas de plomo y ácido" y contó con el emergente mercado de vehículos eléctricos.

T. Edison utilizó las baterías de Ni-Fe para desarrollar los primeros vehículos eléctricos, pero los motores de combustión se impusieron. (ver cuadro 3 y figura 3)

Cuadro 3 Materiales Batería Níquel-Hierro

NiFe	Cátodo (positivo)	Ánodo (negativo)	Electrolito
Material	Oxihidroxido de Níquel	Hierro	Hidróxido de potasio

Fuente: José Lara



Figura 3 Primer auto eléctrico con batería NiFe

Fuente: Battery University (2019.)



Figura 4 Modelo de la batería NiFe

Fuente: Battery University (2019)

Ø **Ventajas**

Resistente a la sobrecarga y a la sobredescarga

Resistentes a las vibraciones

Soporta altas temperaturas

Ø **Desventaja**

Energía específica muy pequeña

Tiene un bajo rendimiento a baja temperatura y exhibe una alta autodescarga

Alto costo a la producción

4.1.7 Batería Níquel- Hidruro Metal

. Fue creada por el químico Standfor Ovshinsky 1967; sin embargo, las inestabilidades con el hidruro metálico condujeron al desarrollo del níquel-hidrógeno (NiH) en su lugar. Las nuevas aleaciones de hidruro descubiertas en la década de 1980 finalmente mejoraron los problemas de estabilidad y hoy en día el NiMH proporciona un 40 por ciento más de energía específica que el NiCd estándar. (ver cuadro 4 y figuras 5 y 6)

Cuadro 4: Materiales de la batería NiHM

NiHM	Catodo (Positiva)	Anodo (Negativa)	Electrolito
Materiales	OXihidróxido de níquel (NiOOH)	Aleación de hidruro metálico	Hidróxido de potasio

Fuente: José Lara

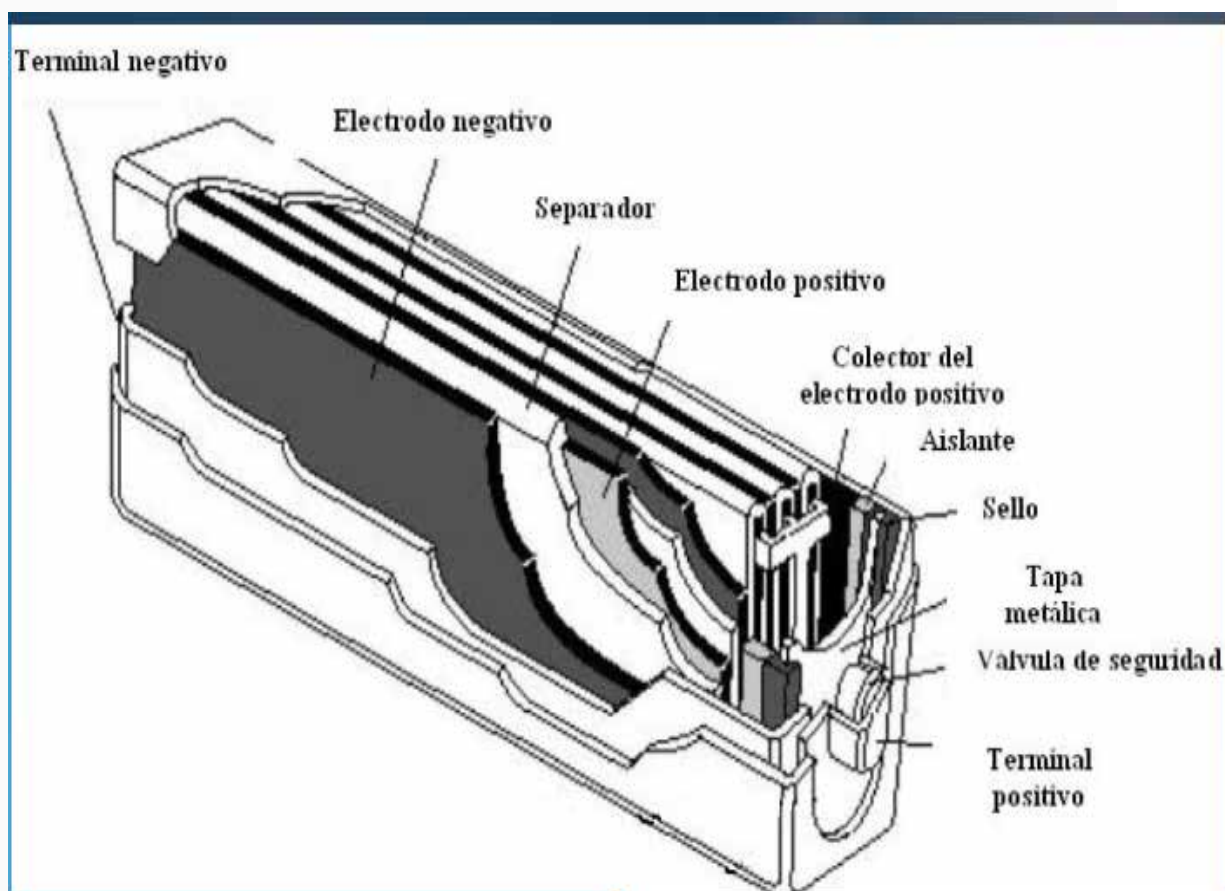


Figura 5 Parte interna de la Batería níquel- hidruro metal

Fuente: Battery University (2019)

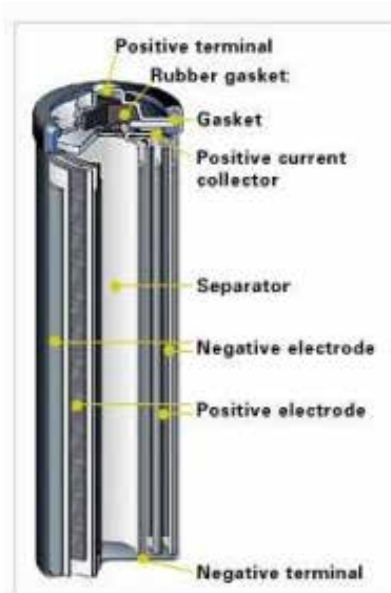


Figura 6 Batería níquel- hidruro cilíndrica

Fuente: Battery University (2019)

4.1.8 Funcionamiento del electrolito

NiMH utiliza el mismo electrolito o similar que NiCd, que generalmente es hidróxido de potasio. Los electrodos de NiMH son únicos y consisten en níquel, cobalto, manganeso, aluminio y metales de tierras raras, que también se usan en iones de litio. El hidróxido de potasio es un compuesto inorgánico con la fórmula KOH, comúnmente llamada potasa cáustica. El electrolito es incoloro y tiene muchas aplicaciones industriales, como el ingrediente en la mayoría de los jabones suaves y líquidos. El KOH es dañino si se ingiere.

Ø Ventajas

30-40 por ciento más de capacidad que un NiCd estándar.

Menos propenso a la memoria que el NiCd, puede rejuvenecerse

Respetuoso con el medio ambiente, contiene solo toxinas leves

El contenido de níquel hace que el reciclaje sea rentable

Alto rango de temperatura

Ø Desventajas

Vida útil limitada, la descarga profunda reduce la vida útil

Requiere un algoritmo de carga complejo. Sensible a la sobrecarga

No absorbe bien la sobrecarga. La carga lenta debe mantenerse baja

Genera calor durante la carga rápida y la descarga de alta carga, alta descarga

Eficiencia de Coulombic solo alrededor del 65% (99% con iones de litio)

4.1.9 Baterías de Ion-Litio

4.1.9.1 Materiales Catódicos

Prezi 2019. El material más utilizado en este tipo de baterías es un óxido de metal de transición con una estructura en capas, una estructura laminar como puede ser LiMO_2 donde $M = \text{Co}, \text{Ni}, \text{Mn}$ (ver figuras 7,8 y 9).



Figura 7 Cobalto

Fuente: Prezi (2019)



Figura 8 Níquel

Fuente: Prezi (2019)



Figura 9 Manganese

Fuente: Prezi (2019)

4.1.9.2 Materiales Anódicos

Está constituido por algún derivado modificado de manera física o química de carbono como coque, grafito o los carbones duros. (Ver figura 10, 11 y 12)



Figura 10 Carbono de coque

Fuente: Prezi (2019)



Figura 11 : Grafito

Fuente Prezi (2019)



Figura 12 Carbones Duros

Fuentes: Prezi (2019)

4.1.9.3 LiCoO₂

Cuadro 5 Materiales de la batería LiCoO₂

Batería Ion- Litio	Ánodo (Negativa)	Cátodo (Positivo)	Electrolito
Materiales	Grafito	Litio, Cobalto, Oxido	Sal de litio

Fuente: José Lara

Ø Cubierta

La cubierta suele estar hecha de alguna aleación de aluminio, debido a su alta resistencia a la corrosión, además de ser un compuesto de costos relativamente bajo.

Suele extraer en forma de mineral (Bauxita) de las canteras, para un posterior proceso de refinado, este proceso inicia con la transformación de la bauxita en aluminio por medio del proceso de Bayer, y a partir de alúmina podemos obtener aluminio por medio de una electrocisis.

Ø Diagnóstico del cobalto

El cobalto fue descubierto por el químico sueco Georg Brandt en 1739. Es un metal duro, lustroso, gris plateado que se extrae como un subproducto cuando se extraen níquel y cobre. Además de servir como material de cátodo de muchas baterías de iones de litio, el cobalto también se usa para fabricar imanes potentes, herramientas de corte de alta velocidad y aleaciones de alta resistencia para motores a reacción y turbinas de gas. Los compuestos de cobalto se han empleado durante siglos para colorear porcelana, vidrio, cerámica, azulejos y esmalte; También es importante en la nutrición humana como parte de la vitamina B12.

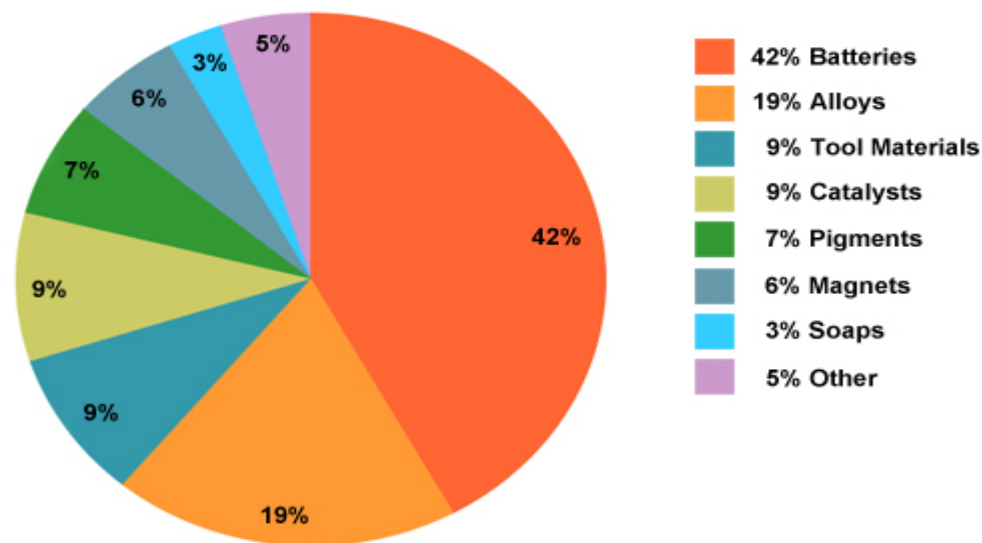


Figura 13 Desglose de los usos de cobalto

Fuente: Battery University (2019).

El cobalto fue el primer material catódico para las baterías comerciales de iones de litio, pero un alto precio atrae a los fabricantes a sustituir el material. El cobalto mezclado con níquel, manganeso y aluminio crea materiales catódicos potentes que son más económicos y ofrecen un rendimiento mejorado al cobalto puro.(Battery University 2019.)

Ü **Ventajas**

- Alta densidad energética
- Menor tamaño y peso ligero
- Alta eficiencia
- No tienen efecto de memoria

Ü **Desventajas**

- Alto coste de producción
- Fragilidad
- Necesitan un circuito de seguridad
- Precisan de almacenaje de circuito

4.1.9.4 Baterías de ion litio con cátodo de LiFePO_4

En 1996, la Universidad Texas descubrieron el fosfato como material catódico para baterías de litio recargables. El fosfato ofrece un buen rendimiento electroquímico con baja resistencia. Esto es posible con material de cátodo de fosfato a nanoescala. Los beneficios clave son un índice alto de corriente y una larga vida útil.(ver figura 14 y cuadro 6)



Figura 14 Fósforo

Fuente: Prezi (2019)

Cuadro 6 Materiales de la batería LiFePO4

Batería Ion- Litio	Ánodo (Negativa)	Cátodo (Positivo)	Electrolito
Materiales	Grafito	Fosfato	Sal de litio

Fuente José Lara

Ø **Electrolito**

Battery University 2019. En las baterías de litio tradicional es común que se emplee como electrolito sales de litio disueltas en un solvente orgánico, los cuales permiten el flujo de electrones. (ver figura 15)

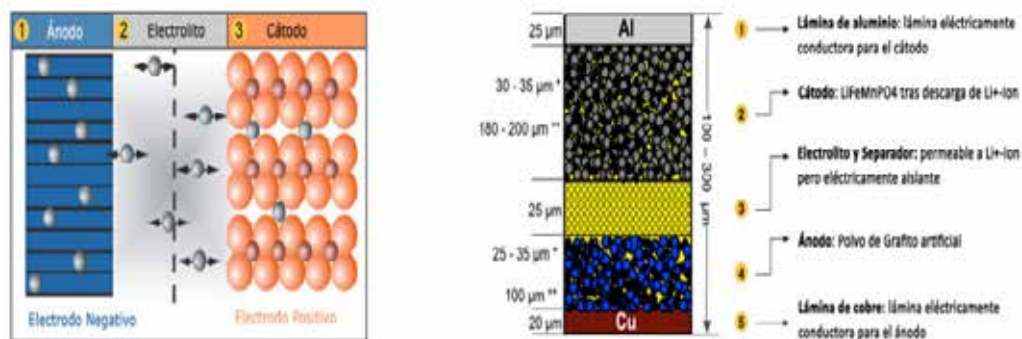


Figura 15 materiales de la batería LiFePO4

Fuente: Prezi (2019)

Ø **Ventajas**

- Seguridad
- Estabilidad (elevada cantidad de hierro)
- Potencia

Ø **Desventajas**

- Menor densidad energética
- Mayor coste

4.1.9.5 Batería polímero de litio

El diseño original de polímero que data de la década de 1970 utilizaba un electrolito de polímero sólido (seco) que se asemeja a una película de plástico. Este aislante permite el intercambio de iones (átomos cargados eléctricamente) y reemplaza el separador poroso tradicional que está empapado con electrolito. (ver figura 16)



Figura 16 Batería de polímero de litio

Fuente: Prezi (2019)

Ø **Ventajas**

Ligeras

Eficiente

Ø **Desventajas**

Ciclo de vida corto

Alto costo

Ü **Funcionamiento de electrolito**

El ion de litio utiliza electrolito líquido, gel o polímero seco. La versión líquida es un tipo orgánico inflamable en lugar de acuoso, una solución de sales de litio con solventes orgánicos similares al carbonato de etileno. Mezclar las soluciones con diversos carbonatos proporciona una mayor conductividad y expande el rango de temperatura. Se pueden agregar otras sales para reducir la formación de gases y mejorar los ciclos de alta temperatura.

El ion de litio con electrolitos gelificados recibe muchos aditivos para aumentar la conductividad, al igual que la batería de polímero de litio . El verdadero polímero seco solo se vuelve conductivo a temperaturas elevadas, y esta batería ya no se usa comercialmente. Los aditivos también se administran para lograr longevidad y características únicas. La receta está clasificada y cada fabricante tiene su propia salsa secreta.

4.2 Identificar los procesos de funcionamiento de la vida útil de las baterías.

En este objetivo se identificaron las diferentes densidades energéticas y específicas, potencias y el ciclo de vida, que puede tener cada batería dependiendo de cada material que posee, es importante el material que contienen en el ánodo y cátodo, esto le dará la mayor vida útil al vehículo, cada material conlleva a que la batería sea más duradera y tenga una mayor autonomía. También es importante destacar que la batería sufre temperaturas tanto elevadas como bajas, el material debe soportar estos cambios. En el cuadro 7 se darán las características de la batería.

Cuadro 7 Materiales de la batería LiCoO₂

	Plomo- Acido	Níquel- Cadmio	Níquel- Hierro	Níquel- Hidruro Metálico	LiCoO₂	LiFeP04	Polímero de Litio
Energía especifica Wh/Kg	33-42	40-70	30-50	60	150	90-100	130-200
Potencia W/Kg	180	150	100	250- 1000	250-400	300	10
Eficiencia %	50-90	70-90	65-80	66	80-90	70	99.8
Ciclo de							

Vida (carga y descarga)	500- 800	2000	30-50 años	500- 2000	400	2000	1000
Densidad energética Wh/L	60-110	50-150	30	140	400	220	300
Voltaje nominal V	12	1.2	1.2	1.2	3.7	3.2	3.7
Ecología	No	No	No	No	No	Si	No

Fuente: Lara (2019)

4.2.1 Baterías de plomo-acido

Admin 2014. Las baterías tradicionales por lo general fluctúan según se agota su energía. Tener en cuenta que las baterías de plomo ácido sufren problemas inherentes en su eficiencia; desperdician el 15% de la energía empleada en su carga, por lo que si proporcionas 100A, sólo podrás almacenar 85Ah.

Cuanto más rápido se descarga una batería de plomo ácido, menos energía se obtiene de ella. El no cargar completamente podría no ser más que un problema en la práctica, si no fuese por el hecho de que un fallo al cargar las baterías de plomo ácido las envejece prematuramente.

4.2.2 Batería de Níquel- Hierro

Sus ventajas son similares a las de plomo-ácido, pero no es contaminante, no contiene metales pesados, su vida es más prolongada y el electrolito se puede reciclar y destinar al sector agrícola.

4.2.3 Batería Níquel- hidruro Metálico

Esta batería posee mayor potencia que las anteriores y su densidad energética se es casi la misma que la de níquel cadmio.

4.2.4 Batería de litio (LiCoO₂)

Por tanto, aunque ocupan el mismo volumen, una batería de litio tendrá una energía cinco veces más alta que la energía de una batería de plomo ácido correspondiente. Las baterías de Ion Litio tienen una corriente de arranque aun más elevada, pero esas no garantizan los mismos niveles de seguridad de las baterías LiFePO₄ en el caso del uso de batería.

Además, la corriente máxima de descarga de una batería de litio es 50C, que significa cincuenta veces la capacidad de la batería, más que tres veces las baterías de plomo/ácido

4.2.5 Batería de (LiFePO₄)

Admin 2014. Las baterías de litio-ferrofosfato, o LFP, son más estables, seguras y duraderas, pero hasta ahora su uso se ha visto restringido por su menor capacidad energética. Gracias a su mayor fiabilidad y a que evitan el riesgo de combustión presente en las de óxido de litio cobalto. Las baterías LiFePo tienen una resistencia interna muy baja que las permite entregar corrientes muy altas y tienen además una vida útil bastante larga, incluso al someterlas a ciclos de descarga profundos Durante toda la vida de la batería, no requiere mantenimiento. Desde el punto de vista de la tolerancia a la sobrecarga y de seguridad, una batería LiFePO₄ es similar a una batería de plomo-ácido.

Si se usan en pack es necesario incorporar un PCM/BMS para utilizar la energía de forma eficiente y que todas las celdas de un paquete puedan recibir la carga completa.

4.3 Analizar la transferencia de energía de la batería al automóvil.

Se analizaran como es la transferencia de energía en la batería para el Toyota Prius. 2019 - Ingeniería Autoavance Autoavance.co. El sistema PACK de la batería cuenta con una composición de baterías en serie las cuales en total suman un voltaje que oscila entre 200 Voltios y 220 Voltios Corriente Directa. Existen 28 baterías pequeñas de 7,89 Voltios cada una y están conectadas en serie de dos en dos para formar 14 paquetes de baterías de 15,78 Voltios (Cada Pack) y a su vez están conectados todos estos 14 paquetes en serie para generar un total aproximado de 220 Voltios para el modelo II de PRIUS teniendo en cuenta que puede cambiar la configuración dependiendo de la versión de vehículo híbrido que se esté trabajando.(ver figuras 17 y 18)



Figura 17 Modelo de Toyota Prius

Fuente: Admin (2014)

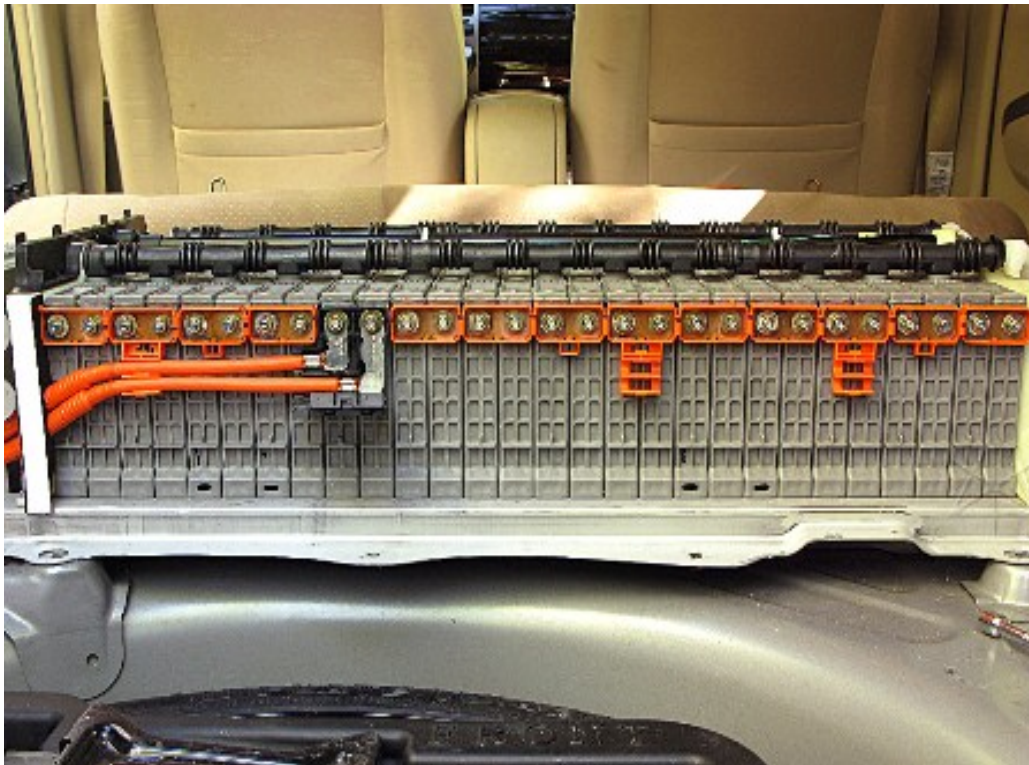


Figura 18 Batería de Toyota Prius trasera

Fuente: Admin 2014

El sistema de carga de la batería utiliza un Sensor de Amperaje tipo Efecto Hall como componente que evalúa la corriente que maneja la batería, este sensor está encargado de medir cuanta corriente entra o sale de la batería para las diferentes condiciones de carga del vehículo.

Una batería está compuesta por diferentes módulos que son las baterías de ion-litio cilíndricas, un auto puede tener desde diferentes cantidades dependiendo de la potencia energética que se necesite, estas van conectadas en serie. Los módulos son controlados por un conjunto electrónico, que controla la temperatura de la batería y algunos sensores.

La batería manda corriente continua al inversor y el inversor lo convierte en corriente alterna, esto crea un campo magnético giratorio lo que le da energía al motor para que gire. Se convierte de energía eléctrica a energía mecánica.(ver figura 19 y 20)

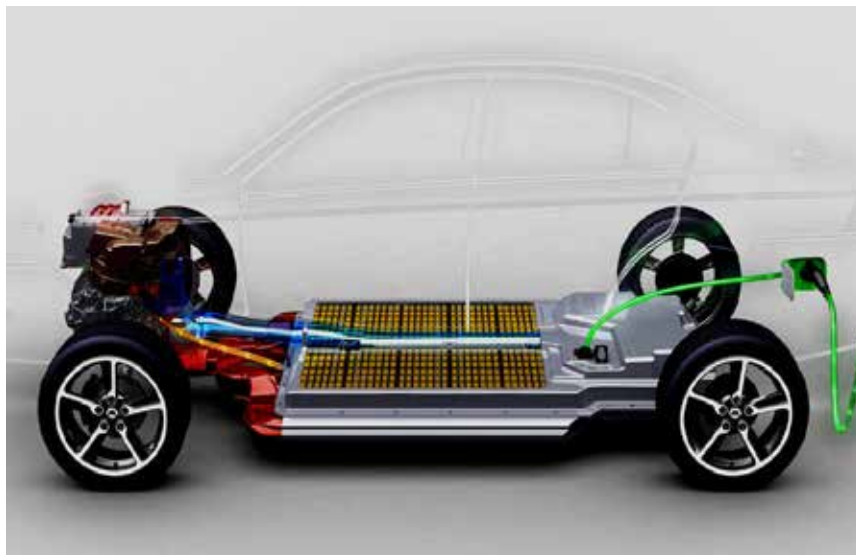


Figura 19 Vehículo con batería de ion-litio posee 12 baterías

Fuente: Admin (2014)

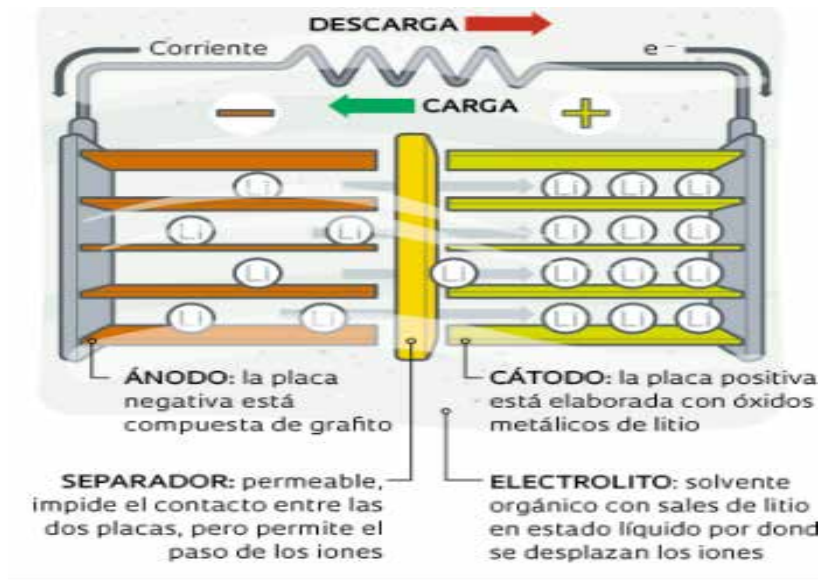


Figura 20 Carga y descarga de batería ion litio

Fuente Admin (2014)

Los iones de litio se desplazan del ánodo al cátodo generando energía eléctrica, que alimenta al motor del vehículo. A la hora de la recarga los iones de litio realizan el recorrido inverso, acumulando energía de la batería.

4.3.1 Temperatura de la batería

El monitoreo de la temperatura en la batería se realiza a través de sensores de temperatura los cuales funciona como termistores similar a los que lo realiza el sensor de temperatura en un motor de inyección, cada uno de los sensores de temperatura puede ser monitoreado en el scanner a través del Flujo de Datos, en el caso del PRIUS se utilizan 3 sensores los cuales están colocados sobre la batería HV como lo indica la figura inferior. Incidencia directa sobre duración batería Prius y problemas batería Prius en casos comunes encontrados durante casos solucionados previamente. (No es el caso de batería prius 12v).

La resistencia del sensor puede variar dependiendo la temperatura de la batería en un



Figura 22 Ventilación para batería de Toyota Prius

Fuente Admin (2014)

4.4 Selección de material para alargar la vida útil de la batería.

Estudiando los diferentes tipos de materiales que se ha explicado anteriormente, conociendo sus propiedades y características en este objetivo se escogerá cual batería sería de mayor vida útil para un vehículo eléctrico. Pero también es importante saber el costo del material que se aporta en la batería.

El material catódico que tiene mayor ciclo de vida es la LiFePO_4 (fosfato de hierro) Poseen altas corrientes de descarga, no son explosivos, presentan un número de ciclos muy elevados, y su densidad energética es inferior al Ión Litio de cobalto el primer año pero muy superior en el tercer año por ser más estable, lo que redundaría en una vida útil muy superior, hasta 10 veces con respecto a otras tecnologías de ión litio o plomo ácido.(ver figura 24

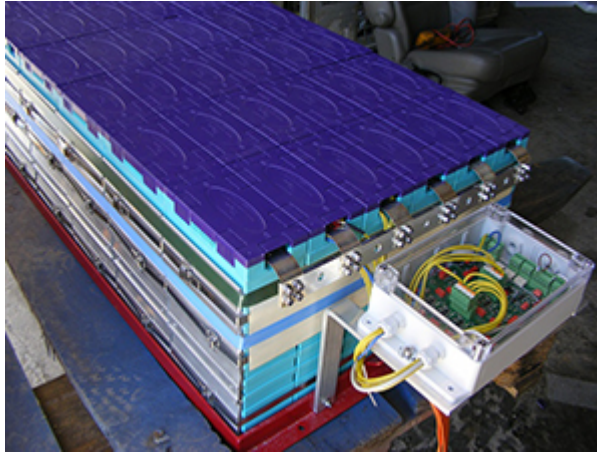


Figura 23 Batería LiFePO4

Fuente: Admin (2014)

Representa un inmenso avance respecto a las baterías de plomo ácido y otras baterías de ión litio en peso, tamaño, capacidad, estabilidad y esperanza de vida. Las baterías de LiFePO4 son las baterías de litio más seguras ya que no se sobrecalientan y e incluso si son perforadas no se inflamarán. El material del cátodo, LiFePO4, no es peligroso y no es tóxico ni contaminante con el medioambiente. Debido al oxígeno que se asocia a la molécula, no existe el peligro de que se inflame en llamas como le ocurre al Ion Litio. Su química es tan estable que las baterías de LiFePO4 pueden incluso aceptar cargas procedentes de equipos configurados para la carga del plomo ácido.

Su densidad energética es muy elevada, mejorando aún más con la aplicación del manganeso, LiFeMnPO4, aunque inferior inicialmente que la de las de ión litio o polímeros de litio, aunque a partir del tercer año de uso la densidad energética del LiFePO4 es notablemente superior. Otra ventaja es que el hierro y el fosfato son muy abundantes y baratos una vez extraídos, por los que su coste es notablemente inferior al del Ión Litio y otros polímeros de Litio. La esperanza de vida del LiFePO4 es hasta 10 veces superior al tiempo de vida de las baterías de plomo ácido y algunos tipos de baterías de ión litio.

Las corrientes o potencias instantáneas aceptadas por el LiFePO4 son significativamente superiores a las del Ión Litio (cobalto). (ver figura 24)

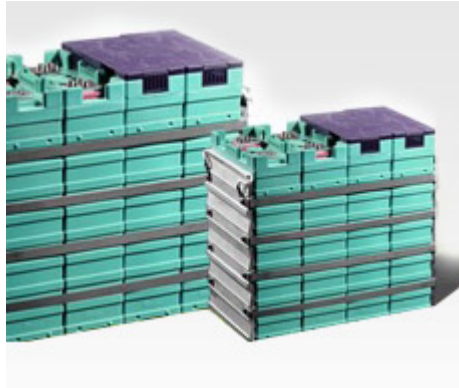


Figura 24 Otros usos Batería LiFePO4

Fuente Admin (2014)

Por supuesto que existen baterías de Litio con mayor densidad energética que el LiFePO4, como son el Ión Litio basado en cobalto y los polímeros de litio, pero no son seguras, lo cual es un aspecto extremadamente importante.

El Ión Litio más común es el LiCoO2, óxido de Litio Cobalto. En su química, el oxígeno no está asociado al cobalto por lo que cuando la batería se calienta, lo cual ocurre cuando aplicamos fuertes cargas o descargas, la batería puede prenderse fuego, lo cual hace que no sean de aplicación ni en aeronáutica ni en vehículos eléctricos, o en los casos en los que se ha decidido su aplicación la inversión en electrónica de control que evite lo mencionado es enorme y muy sensible. En el transcurso del tiempo los fabricantes buscan diferentes formas para que los materiales que se utilizan en las baterías para vehículos híbridos sean lo menos costosos para que sea rentable para cualquier persona, en esta grafica explicaremos como ha bajado el precio al pasar de los años, en las baterías de ion litio. No hace mucho tiempo, los expertos del sector de las baterías de iones de litio y de los coches eléctricos vaticinaban un futuro próximo en el que habría demasiada demanda de litio para abastecer toda la producción mundial de baterías para vehículos eléctricos. Sin embargo, esto ya no parece que vaya a ocurrir, ya que el suministro de litio se encuentra en exceso y es superior a la demanda actual de esta industria.

Blondber (2019) , los precios del litio han caído en un 30% y el final de esta caída aún no está a la vista ni se sabe cuánto durará.

A esto hay que añadir que la producción del litio en Australia aumentará en un 23% en los próximos dos años, según las estimaciones iniciales. El segundo mayor productor del litio en estos momentos, Chile, prevé duplicar su producción en los próximos 4 años, por lo que parece que no habrá un problema de abastecimiento de este mineral tan solicitado para la producción de baterías de los vehículos eléctricos. (ver figura 25)



Figura 25 precios de las baterías ion litio

Fuente: Blondber (2019)

Según varios analistas, los últimos datos de ventas de coches eléctricos han permitido apreciar su lento crecimiento a escala global, concluyendo que está causado por el exceso de suministro del litio y que ahora la demanda de los vehículos eléctricos es el problema. Sin embargo, estas afirmaciones dependen mucho de las predicciones que se

hagan. A corto plazo, las predicciones son más pesimistas en cuanto a las ventas de los coches eléctricos que a largo plazo.

Pese a estos datos y análisis de diferentes firmas, la predicción de que para el año 2030 el suministro de baterías de iones de litio tendrá que ser 10 veces mayor, y que los coches eléctricos supondrán más del 70% de la demanda, sigue vigente.

4.5 Analizar las propiedades químicas de la batería.

Ya después de haber seleccionado el material para una mayor vida útil se analizarán las propiedades químicas que contienen las baterías de vehículos eléctricos, ya dejando atrás las baterías de plomo ácido, ya que ellas son utilizadas solo para los vehículos de tracción.

A medida que va evolucionando las baterías nuevas propiedades químicas van apareciendo en los cátodos, ánodos y electrolitos, para mejorar su capacidad de energía, para tener mayor autonomía, para soportar altas temperaturas y evitar el recalentamiento y evitar la oxidación de los materiales. Todas las sustancias químicas de la batería cumplan una función en este objetivo se explicará las diferentes propiedades que tienen las baterías Ion-Litio.(Guevara Coronado 2019)

El principio de funcionamiento de este tipo de baterías se basa fundamentalmente en el proceso denominado inserción-deserción de iones de litio (Li^+), en donde una reacción electroquímica ocurre de la siguiente manera

(1)

Donde M y A hacen referencia a dos compuestos de inserción (electrodos) y a hace referencia a lugares vacantes en el electrodo A. El compuesto M denominado huésped, el cual debe tener una naturaleza iónica, reacciona ocupando los lugares vacantes en la estructura del otro electrodo A denominado anfitrión, ocurriendo una reacción, se toman como electrodos LiCoO_2 (Cátodo y grafito (ánodo)), utilizados ampliamente.

Durante el proceso de carga, los iones de litio sufren una desintercalación de la estructura laminada del LiCoO_2 , ocasionando que se libere un electrón y a su vez que el cobalto presente Co^{3+} + se oxide a Co^{4+} , para el caso del grafito, el ion de litio se

intercala en la estructura laminar del grafito, esto ocasiona que se tenga un electrón, pasando de Li^+ a litio en estado atómico. Cuando ocurre el proceso inverso, es decir, la descarga de la batería, el litio en estado atómico pierde un electrón y se desintercala de la estructura del grafito, moviéndose nuevamente al cátodo

figura expone gráficamente el proceso descrito previamente (ver figura 26)

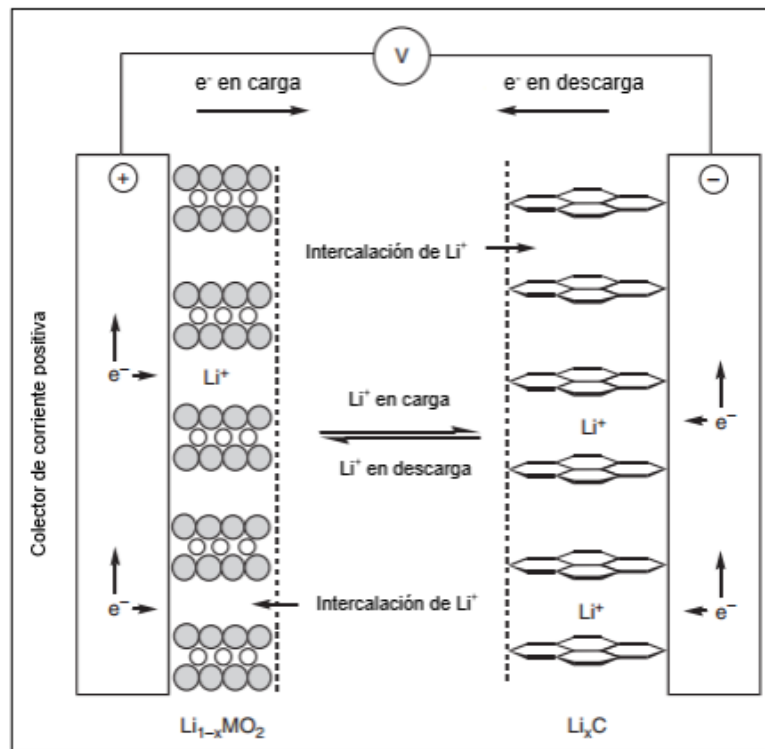


Figura 26 Esquema de un proceso electroquímica en una celda de Ion-Litio

Fuente: The Driven (2019).

4.5.1 Cátodo

Según G. Coronado(2019), el cátodo comúnmente tiene una estructura lamina óxidos metálicos liteados o fosfato metálicos liteados. Inicialmente se empleo LiCO_2 como material activo del cátodo, sin embargo, actualmente se han buscado materiales que sean menos costosos como el LiMn_2O_4 (spinel), $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Mn}_x\text{Co}_y\text{O}_2$ (NMC), LiFePO_4 (Litio ferrosfato) o que tengan mejores propiedades como el $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ (NCA).

Estos materiales deben cumplir una serie de condiciones que hagan que el electrodo sea adecuado para su uso. Dentro de estas condiciones las más importantes son:

- Capacidad de incorporar grandes cantidades de litio
- Poder recuperar litio si sufrir cambios estructurales
- Alta difusividad de iones de litio
- Buena conductividad electrónica
- Insolubilidad con el electrolito

4.5.2 Ánodo

G. Coronado 2019. En el grafito, existen diversas configuraciones estructurales que influyen sus propiedades electroquímicas, comúnmente se emplean laminas en disposiciones hexagonales o romboédricas. Entre los ánodos que emplean aleaciones con litio, aleaciones litio-aluminio es la más investigada al ser la primera en ser desarrollada, no obstante, se han encontrado mejoras a estas al añadir sustancias como la ftalocianina de litio, que altera la superficie del ánodo y mejora sus propiedades. Generalmente el ánodo de una batería de ion-litio debe tener los siguientes requerimientos

- Excelente porosidad y conductividad
- Buena durabilidad y bajo peso

4.5.3 Propiedades químicas de cada batería de ion litio

4.5.3.1 LiCoO₂

K. Mizushima, PC Jones, PJ Wiseman, JB Goodenough (1980) La utilidad del óxido de litio y cobalto como electrodo de intercalación fue descubierta en 1980 por el grupo de investigación de John B. Goodenough en Oxford.

El compuesto ahora se usa como cátodo, con tamaños de partículas que van desde nanómetros hasta micrómetros . Durante la carga, el cobalto se oxida parcialmente al

estado +4, con algunos iones de litio que se mueven al electrolito, lo que resulta en una gama de compuestos de $\text{Li}_x \text{CoO}$ con $0 < x < 1$.

Baterías producidas con LiCoO_2 cátodos tienen capacidades muy estables, pero tienen capacidades y potencia más bajas que aquellas con cátodos basados en óxidos de níquel-cobalto-aluminio (NCA). Los problemas con la estabilidad térmica son mejores para LiCoO cátodos que otras químicas ricas en níquel, aunque no significativamente. Esto hace que LiCoO baterías susceptibles a fugas térmicas en casos de abuso, como funcionamiento a alta temperatura ($> 130^\circ \text{C}$) o sobrecarga. (ver figura 27). A temperaturas elevadas, LiCoO descomposición genera oxígeno, que luego reacciona con el electrolito orgánico de la célula. Esta es una preocupación de seguridad debido a la magnitud de esta reacción altamente exotérmica, que puede extenderse a las celdas adyacentes o encender material combustible cercano. En general, esto se ve en muchos cátodos de baterías de iones de litio.

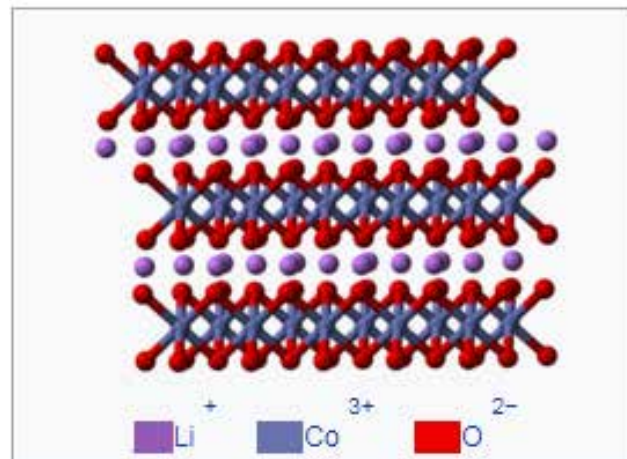


Figura 27 óxido de litio cobalto

Fuente: The Driven (2019).

4.5.3.2 LiFePO_4

Journal of Power Sources 2017. Los fosfuros de metales de transición son materiales anódicos prometedores para las baterías de iones de litio debido a sus abundantes recursos naturales y sus altas capacidades teóricas. En este estudio, se investigaron por primera

vez las propiedades electroquímicas de LiFeP como material anódico para la batería de iones de litio. Los polvos LiFeP se sintetizaron con éxito mediante un método convencional de reacción en estado sólido de dos pasos. Los resultados de la difracción de rayos X en polvo y la difracción de electrones del área seleccionada revelaron que el LiFeP en forma de placa en capas fue apilado por el plano cristalino (001). Como material de electrodo, LiFeP entregó una capacidad reversible superior de 507 mA h g a una alta densidad de corriente de 300 mA g después de 300 ciclos y excelente rendimiento de velocidad. Después del ciclo, la estructura en capas se puede mantener bien, lo que sería muy beneficioso para el rendimiento electroquímico de LiFeP. La razón del aumento en la capacidad también se investigó y puede atribuirse al alto número de reacciones de conversión de LiFeP y la generación de P elemental durante el ciclismo.

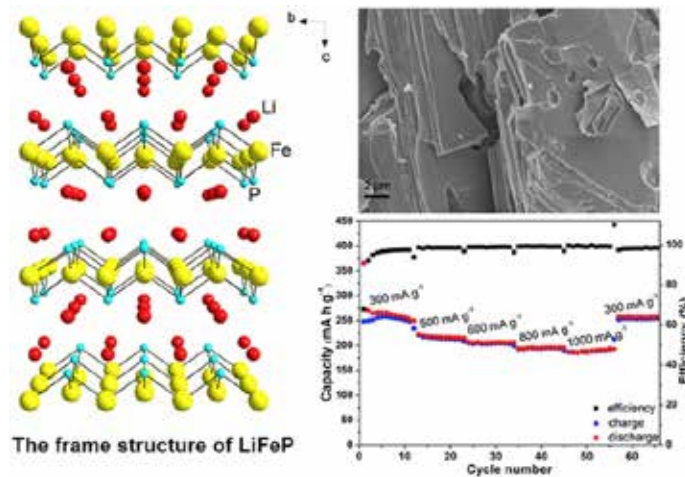


Figura 28 propiedades LiFeP

Fuente: The Driven (2019).

4.6 Estudio de la eficiencia de los materiales en la batería para vehículos híbridos

Estudiando los diferentes materiales de la batería de carros híbridos, se encontró que todavía se están haciendo más investigaciones sobre materiales que aumentarían la vida útil de la batería, también disminuyendo su precio y peso. Los fabricantes buscan la forma de aumentar su autonomía. Esta nueva investigación se basa en las baterías en estado sólido,

son muy interesantes de investigar y con este nuevo material aumentarían algunas características de la batería. Esta batería se hará esperar hasta la próxima década.

El 28 de febrero de 2017 John B. Goodenough y su equipo de la Universidad de Texas publicaron un artículo en la revista Energy and Environmental Science demostrando una batería de estado sólido de bajo coste, no inflamable, con una larga vida en ciclos de carga, alta densidad energética y con altas velocidades de carga y descarga. En estas baterías la clave es que en lugar de un electrólito líquido entre el cátodo y el ánodo, se emplea un electrólito sólido. Todo son ventajas con esta nueva celda y podría ser la protagonista de la próxima década: casi duplica la densidad energética de una batería de iones de litio actual (aproximadamente 1.200 Wh/l), no se calienta tanto, el riesgo de incendio es casi cero, se recarga más rápido (teóricamente 6 veces más rápido) y su vida útil es mayor.

Con un electrólito cristalizado y sodio metal, en lugar de litio metal, siendo más barata y teniendo incluso mayor capacidad. Se podrían alcanzar los 650 Wh/kg de energía específica. Esto es muy interesante además porque se cambia de material base de la química de la batería (ya no sería litio), y se evitaría así sobre-demanda o problemas de suministro.

Una ventaja adicional en las baterías de estado sólido de sodio es que además pueden funcionar con apenas pérdidas de capacidad de carga a temperaturas ambiente muy bajas. Según indica su equipo de investigación siguen teniendo una alta conductividad eléctrica a temperaturas de 20 grados centígrados bajo cero. Esto soluciona un problema de los coches eléctricos actuales, en los cuales con temperaturas muy bajas la autonomía puede disminuir en casos extremos hasta tan solo la mitad de la autonomía teórica homologada.

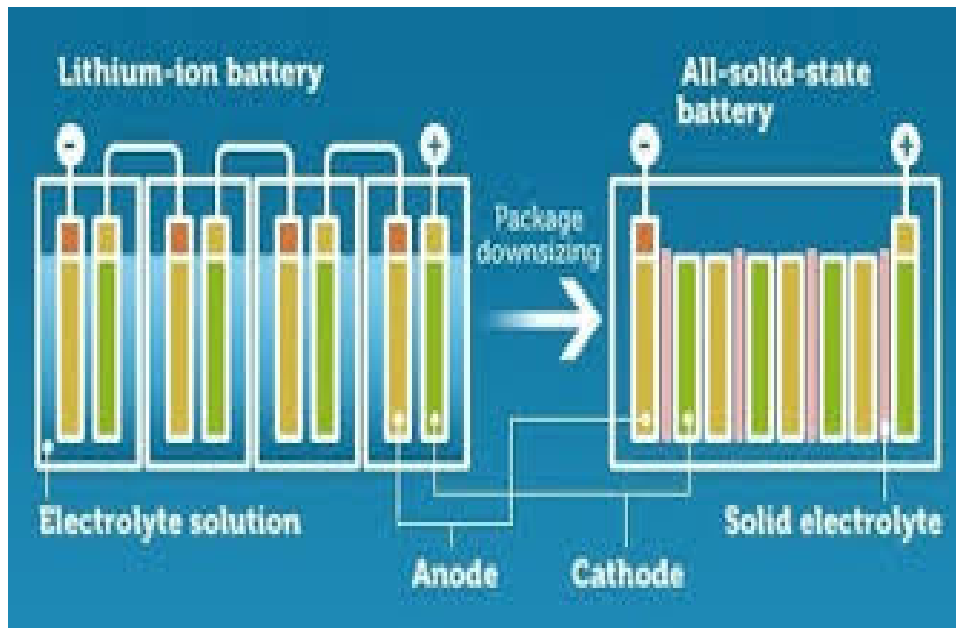


Figura 29 Baterías de solido

Fuente: The Driven (2019).

CONCLUSIONES

A pesar de las numerosas investigaciones que se están desarrollando a nivel mundial sobre las baterías de litio, se puede concluir que por ahora la batería LiCoO_2 es la más comercializada. Esta batería que desarrolla una alta energía específica es la más atractiva comparada a otras baterías. Sin embargo no es la batería ideal respecto a su durabilidad y capacidad de energética, por tanto se debe investigar para satisfacer estos requerimientos técnicos, siempre tomando en cuenta los costos económicos, la preservación del medioambiente y la salud de la población.

Las diferencias entre utilizar los materiales en el Níquel hidruro de metal es que aumenta de 30-40% más de capacidad que un NiCd estándar. Además de ser más respetuoso con el medio ambiente.

El Níquel hidruro de metal proporciona un 40% más de energía específica que el NiCd estándar.

Las baterías necesarias para mover un coche están sometidas a un nivel de exigencia brutal. Por un lado, deben ser capaces de contener una elevada carga con la menor masa posible (densidad energética) para poder competir con la gasolina en la medida de lo posible y salvando las enormes distancias que existen entre ambas formas de almacenamiento energético.

La batería de polímeros de litio tiene mayor energía específica, mayor eficiencia y mayor voltaje nominal por celda.

La batería LiFePO_4 representa un inmenso avance respecto a las baterías de plomo ácido y otras baterías de ión litio en peso, tamaño, capacidad, estabilidad y esperanza de vida, son las baterías de litio más seguras ya que no se sobrecalientan y e incluso si son perforadas no se inflamarán.

RECOMENDACIONES

Existe un avance que desde hace años se ha hablado y es de la batería en estado sólido, el tema es recomendado por el gran avance de las convirtiendo los electrolitos de estado líquido a sólido es muy interesante para el tema de las baterías, sin embargo se podría hacer una investigación sobre esta batería estudiando qué tipo de material debe aplicarse como electrolito para aumentar su densidad energética y como Estas baterías serán fabricadas para el 2025 para un Toyota.

Es recomendable hacer una investigación más profunda sobre los materiales, estudio de su microestructuras,

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2006). **Proyecto de investigación: introducción a la metodología científica** (5ªed.) Caracas: Episteme.
- Admin 2014. **Información la el estudio de la vida útil de los diferente materiales anódicos y catódicos** <https://www.bateriasdelitio.net/?p=104>
- Balocchi, Emilio (1996). **Química General** (3ª edición
- Baterías estado solido <https://www.motorpasion.com/industria/que-son-las-baterias-de-estado-solido-y-por-que-son-el-futuro-del-automovil>
- Batería de Níquel Cadmio https://www.ecured.cu/Bater%C3%ADas_de_Ni-Cd
- Batería Níquel hierro <https://riverglennapts.com/es/battery/86-nickel-iron-battery-or-edison-battery-working-and-characteristics.html>
- Batería litio <http://www.hybridsteingroup.com/caracteristicas-baterias-linadium/>
Battery University 2019.
- Bermúdez (2018) “**Materiales para desarrollar nuevas baterías de Ion-Litio y Post-Litio**”, presentado en la Universidad de Córdoba de España.
- Braga, M.H.; Grundish, N.S.; Murchison, A.J.; Goodenough, J.B. (9 de diciembre de 2016). **Bateria en estado solido. Energy and Environmental Science**, ed. «**Alternative strategy for a safe rechargeable battery**». doi:10.1039/C6EE02888H. Consultado el 11 de abril de 2017
- Elsom, Derek (1990). **La contaminación atmosférica. Ediciones Cátedra SA. ISBN 84-376-0943-7. Contaminación por el trafico** https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_producida_por_el_tr%C3%A1fico
- Environmental impact of hybrid car battery. (2008). Retrieved December 09, 2009 from **Hybridcars.com Impacto ambiental de la batería de un automóvil híbrido** https://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_h%C3%ADbrido#Impacto_ambiental_de_la_bater%C3%ADa_de_un_autom%C3%B3vil_h%C3%ADbrid

Guevara Coronado 2019. **Propiedades químicas de la batería Ion Litio**
[repository.uamerica.edu.co > bitstream](https://repository.uamerica.edu.co/bitstream)

Journal of power sources vol 370 1 diciembre del 2017 pag 14-19
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037877531731162X>

.

Ingeniería Autoavance Autoavance.co (2019) **Resumen de la transferencia de energía en las baterías del toyora Prius** <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/184-componentes-de-vehiculos-hibridos-la-bateria-hv/>

Manual de baterías de arranque Van Sandwheghe hano

Marks(2003) **Manual del ingeniero mecánico. Estados Unidos: McGraw Hill, segunda edición en español. Evolucion de baterias**

<https://prezi.com/aofuff5mwqpf/bateria-de-niquel-hidruro-metalico-ni-mh/>

Materiales de Ion Litio <https://prezi.com/drp93e-wkguf/materiales-de-baterias-de-litio/>

Mizushima, PC Jones, PJ Wiseman, JB Goodenough (1980), " **Lix CoO₂ (0 <x<1): Un nuevo material catódico para baterías de alta densidad energética** ".Boletín de investigación de materiales, volumen 15, páginas 783–789.Doi:10.1016 / 0025-5408 (80) 90012-4

Nueva autonomía para automóviles eléctricos: <https://www.xataka.com/automovil/esto-sera-lo-proximo-en-baterias-para-coches-electricos-mas-de-650-km-de-autonomia-real>

Pedrayes (2016) en su trabajo de grado llamado “Materiales anódicos alternativos para el desarrollo de baterías Ion-Litio sostenibles” presentado en la Universidad de Oviedo

Rueda, Jesús Martínez (2006). **Sistemas eléctricos y electrónicos de las aeronaves.** Editorial Paraninfo. ISBN 9788428329286. Consultado el 20 de marzo de 2018

Propiedades y materiales de la batería ion-litio
<https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/7198/549.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tipos de baterías para vehículos híbridos <http://electromovilidad.net/tipos-de-bateria-para-coche-electrico/>

Copyright © 2019. **Baterias de litio. Potenciado por WordPress Tema: Spacious por ThemeGrill** <https://www.bateriasdelitio.net/?p=104>

IEEE 1995 Proceso químico de níquel hierro <http://www.nickel-iron-battery.com/nickel-iron-cycle-testing-1995.pdf>

The Driven 2019 **costos de la batería ion litio** <https://forococheselectricos.com/2019/08/el-exceso-de-suministro-de-litio-hara-que-el-coste-de-produccion-de-las-baterias-de-los-coches-electricos-caiga.html>

Ingeniería Autoavance Autoavance.co. 2019 -

The Driven (2019).

ANEXOS

ANEXO A



ANEXO B



ANEXO C

