



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE
DIAGNÓSTICO PARA MÓDULOS DE BATERÍA DE VEHÍCULOS
HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS.**

AUTOR: CAMACÁS TENGANÁN JHONSON OMAR

DIRECTOR: ING. ROSERO AÑAZCO RAMIRO ANDRÉS, MSc.

Ibarra, noviembre 2020

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE DIAGNÓSTICO PARA MÓDULOS DE BATERÍA DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS” presentado por el señor: Camacás Tenganán Jhonson Omar con número de cédula 040150005-3, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 26 días del mes noviembre del 2020

Atentamente,

**RAMIRO ANDRES
ROSERO ANAZCO** Firmado digitalmente por RAMIRO
ANDRES ROSERO ANAZCO
Fecha: 2021.01.20 21:26:53 -05'00'

Ing. Ramiro Rosero MSc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040150005-3		
APELLIDOS Y NOMBRES:	CAMACÁS TENGANÁN JHONSON OMAR		
DIRECCIÓN:	Ibarra – calle Brasil y carrera Colombia		
EMAIL:	jocamacast@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062224-624	TELÉFONO MÓVIL:	0963344928

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE DIAGNÓSTICO PARA MÓDULOS DE BATERÍA DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS
AUTOR:	CAMACÁS TENGANÁN JHONSON OMAR
FECHA:	26/11/2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	ING. RAMIRO ANDRÉS ROSERO AÑAZCO MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 26 días del mes de noviembre de 2020

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Jhonson Omar Camacás Tenganán

DEDICATORIA

A mi hija Stefany Camila quien es el motor que me impulso a conseguir este gran logro.

A mis padres Román Camacás y Ladys Tenganán por el sacrificio hecho para ayudarme a cumplir mis metas.

Jhonson Camacás
Tenganán

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mis padres por haberme dado la vida.

A la Universidad Técnica del Norte, institución que me ha brindado sólidos conocimientos para desempeñarme en el campo profesional.

Nuevamente a mis padres por su apoyo incondicional tanto moral como económico a lo largo de mi vida, ya que gracias a ellos soy lo que soy y estoy donde estoy.

A mis hermanos Marco y Brayan, con los que viví la etapa de mi vida universitaria y me animaron y alentaron a superar cualquier dificultad en esta.

A mis amigos que con compañerismo, honestidad, humildad y respeto hicieron de la vida universitaria más amena.

Al ingeniero Ramiro Rosero por haber aceptado ser el tutor de este trabajo de titulación.

Jhonson Camacás
Tenganán

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
Resumen	xii
Introducción	xiv
CAPITULO I	16
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	16
1.1 Antecedentes	16
1.2 Planteamiento del problema	17
1.3 Formulación del problema	17
1.4 Delimitación temporal y espacial	18
1.4.1 Delimitación temporal	18
1.4.2 Delimitación espacial	18
1.5 Objetivos	18
1.5.1 Objetivo general	18
1.5.2 Objetivos específicos	18
1.6 Justificación	18
1.7 Tecnologías Automotrices Híbridas y Eléctricas	19
1.7.1 Vehículos Microhíbridos (STAR-STOP)	19
1.7.2 Vehículos Híbridos medios 48V	20
1.7.3 Vehículos Híbridos Puros (HV)	20
1.7.4 Vehículos Híbridos Enchufables (P-HV)	22
1.7.5 Vehículos Eléctricos de Autonomía Extendida (E-REV)	22
1.7.6 Vehículos Eléctricos Puros (EV)	23
1.8 Componentes	24
1.8.1 Motores de combustión interna	24
1.8.3 Motor eléctrico	25
1.1.1 Inversor	26
1.9 Acumuladores de Energía Eléctrica	28
1.9.2 Tipos de tecnologías	30
1.9.3 Baterías de alto voltaje para vehículos Híbridos y Eléctricos	34
1.9.4 Sistemas de la batería de alto voltaje	37
1.9.5 Estado del arte	39
Capitulo II	41

2	Materiales y métodos	41
2.1	Desarrollo de la propuesta de estudio	41
2.1.1	Definición de las variables de diagnóstico que empleara el dispositivo	41
2.1.2	Diseño y construcción	43
2.1.3	Prueba del funcionamiento y validación de las mediciones del dispositivo	53
2.1.4	Desarrollo de la metodología de desmontaje y diagnóstico	56
	CAPITULO III	58
3	RESULTADOS Y ANÁLISIS	58
3.1	Diseño y programación del dispositivo	58
3.2	Construcción del dispositivo	59
3.3	Análisis de la validación del dispositivo	62
3.4	Metodología	65
	CAPITULO IV	73
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
4.1	Conclusiones	73
4.2	Recomendaciones	73
5	Bibliografía	74
	Anexos	77

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.		PÁGINA
1.1	Parámetros que caracterizan a una batería	29
2.1	Valor de voltaje de las celdas de los módulos dependiendo del materia de fabricación	42
2.2	Valor de resistencias internas de los módulos dependiendo del materia de fabricación	43
2.3	Componentes con especificaciones	44
3.1	Identificación de los componentes de diagrama de conexiones	59
3.2	Precio de los distintos componentes del dispositivo	61
3.3	Verificación del margen de error de las mediciones de voltaje del dispositivo	62
3.4	Verificación del margen de error de las mediciones de amperaje del dispositivo	63
3.5	Elementos, normas de seguridad, herramientas y equipos necesarios	65
3.6	Resultados del diagnóstico del paquete de 6 módulos de la batería vehículo del toyota high lander	72

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN NÚM.		PÁGINA
1.1.	Ecuación de la resistencia interna	30
1.2.	Ecuación del voltaje nominal	36
1.3.	Ecuación del voltaje máximo	37

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	PÁGINA
1.1 Configuración del vehículo microhíbrido	19
1.2 Configuración del vehículo híbrido medio	20
1.3 Configuración vehículo híbrido en serie	21
1.4 Configuración vehículo híbrido en paralelo	21
1.5 Configuraciones vehículos híbrido mixto	22
1.6 Configuración de un vehículo híbrido enchufable	22
1.7 Configuración del vehículo eléctrico de autonomía extendida	23
1.8 Configuración del vehículo eléctrico puro	24
1.9 Configuración en vehículos híbridos en paralelo y mixtos	25
1.10 Configuraciones de los vehículos eléctricos	25
1.11 Componentes de un inversor	27
1.12 Sistema de refrigeración del inversor	27
1.13 Partes de una batería de polímero de litio.	32
1.14 Partes de una batería de alto voltaje	35
1.15 Tipos de módulos según su forma	35
1.16 Sensores de temperatura	37
1.17 Jumper de seguridad	38
1.18 Ecu de la batería de alto voltaje.	39
2.1 Flujograma de la propuesta	41
2.2 Flujograma de la definición de variables	42
2.3 Flujograma del diseño y contricción del dispositivo	43
2.4 Componentes de energización principal	45
2.5 Conexiones de energización de la fuente conmutada	45

2.6	Conexiones microcontrolador-fuente conmutada, potenciómetros y multímetro amperímetro	46
2.7	Conexión completa del sistema de carga	47
2.8	Conexiones del sistema de descarga con su sensores	48
2.9	Conexiones placa arduino-botón reset, placa i2c y sensores	49
2.10	Conexiones de energización de la placa arduino	50
2.11	Diseño de la carcasa de dispositivo	50
2.12	Construcción de la carcasa	52
2.13	Procedimiento de validación	54
2.14	Comprobación de voltajes paracitos en el dispositivo	54
2.15	Resultado de la comprobación de voltajes paracitos	55
2.16	Aislamiento de los componentes que creaban interferencia	56
2.17	Flujograma del proceso desarrollo de la metodología de desmontaje y diagnóstico	56
3.1	Diagrama completo de conexion de los componentes	58
3.2	Construcción de dispositivo	60
3.3	Panel de control del dispositivo	62
3.4	Comportamiento durante la descarga	64
3.5	Comportamiento durante la carga	64

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.		PÁGINA
1.	Código de funcionamiento del dispositivo	80

Resumen

El presente estudio pertenece a una línea de investigación, conocida como producción industrial y tecnología sostenible / tecnología automotriz, que consiste en “implementación de un dispositivo de diagnóstico para módulos de baterías de vehículos híbridos y eléctricos” con el fin de crear un dispositivo que nos permita diagnosticar de forma individual los módulos que conforman las baterías de alto voltaje de los vehículos híbridos y eléctricos, además de la creación de una metodología que nos permita realizar lo antes mencionado, por lo tanto el presente trabajo se limitó desde la fabricación del dispositivo hasta el desarrollo de la metodología de diagnóstico. el dispositivo se lo aplico a módulos de la batería del Toyota High Lander, realizando dos tipos de diagnóstico como son el diagnóstico en base a la carga y descarga de los módulos y el diagnóstico en base al valor de la resistencia interna que estos presentaban, para así poder determinar si existe relación entre el valor de resistencia interna y los tiempos de descarga y carga de los módulos, se emplearon un Arduino uno que con ayuda de sensores de voltaje y amperaje nos permitieron realizar las mediciones de voltaje y amperaje durante la descarga para así poder realizar el cálculo de la resistencia interna, además de una pantalla LCD 16x4 para poder mostrar las variables antes mencionadas. Para la carga se implementó una fuente conmutada un regulador de voltaje amperaje XL4015 el cual incorpora un multímetro amperímetro, potenciómetros de precisión de 10KΩ. Se realizó el diagnóstico a 6 módulos de la batería del Toyota High Lander, de los cuales comparando los tiempos de descarga y los valores de resistencia interna respectivo de cada módulo se logró determinar que si los módulos presentan valores de resistencia altos los tiempos de carga y descarga son bajos. Además, recopilando información de manuales de diferentes vehículos se logró establecer una metodología de desmontaje de las baterías de alto voltaje de los vehículos mencionados. Y finalmente, se desarrolló una metodología de diagnóstico imprimiendo el dispositivo construido en este trabajo.

Abstract

This study belongs to a line of research, known as industrial production and sustainable technology / automotive technology, which consists of "implementation of a diagnostic device for battery modules of hybrid and electric vehicles" in order to create a device that allows us to individually diagnose the modules that make up the high-voltage batteries of hybrid and electric vehicles, in addition to the creation of a methodology that allows us to carry out the aforementioned, therefore the present work was limited from the manufacture of the device to the development of the diagnostic methodology. The device was applied to the battery modules of the Toyota High Lander, performing two types of diagnosis such as the diagnosis based on the charging and discharging of the modules and the diagnosis based on the value of the internal resistance that they presented, to Thus to be able to determine if there is a relationship between the internal resistance value and the discharge and load times of the modules, an Arduino uno was used that with the help of voltage and amperage sensors allowed us to carry out voltage and amperage measurements during the discharge to Thus, it is possible to calculate the internal resistance, as well as a 16x4 LCD screen to display the aforementioned variables. For the load, a switched source was implemented, an XL4015 amperage voltage regulator which incorporates an ammeter multimeter, 10K Ω precision potentiometers. The diagnosis was carried out on 6 modules of the Toyota High Lander battery, of which comparing the discharge times and the respective internal resistance values of each module it was possible to determine that if the modules present high resistance values, the charging times and discharge are low. In addition, by collecting information from the manuals of different vehicles, it was possible to establish a mythology of disassembling the high voltage batteries of the mentioned vehicles. And finally, a diagnostic methodology was developed by printing the device built in this work.

Introducción

El presente estudio tiene como objetivo la implementación de un dispositivo para poder realizar el diagnóstico de los módulos de baterías de los vehículos híbridos y eléctricos, este diagnóstico se plantea de forma individual para así poder determinar los módulos defectuosos. El diagnóstico se lo hace en base a la resistencia interna y este valor se lo asociara con los tiempos de carga y descarga de los módulos y así determinar su relación. Las ventajas consecuentes de este trabajo son diversas, por ejemplo el tiempo de diagnóstico, ya que evaluar los módulos en base a su valor de resistencia interna resulta más eficiente en cuestión de tiempo ya que los tiempos de carga y descarga suelen ser extensos pero el diagnóstico en base al valor de resistencia interna es menos demorado, además de que este dispositivo sería construido de manera más eficiente en lo que respecta a costos y en lo que respecta a la versatilidad ya que es capaz de realizar el diagnóstico en base a carga y descarga de los módulos y también en base a la resistencia interna. El dispositivo construido fue aplicado a 6 módulos del vehículo Toyota High Lander para la realización de pruebas de validación de medidas y funcionamiento. El presente trabajo se compone de 4 capítulos:

El primer capítulo se compone de la revisión bibliográfica que está integrada por la problemática a solucionar y el marco teórico. Dentro de la problemática están los antecedentes de investigación sobre el tema, la formulación del problema, la delimitación temporal y espacial, los objetivos tanto general como específico, la justificación del trabajo y finalmente la metodología que se utilizara en el desarrollo del presente estudio. En el marco teórico se abordan los temas más relevantes que son necesarios para la comprensión de este trabajo como son tipos de tecnologías híbridas y eléctricas sus partes principales, los componentes de las baterías de alto voltaje de los vehículos híbridos y eléctricos y los diferentes tipos materiales de fabricación de este tipo de baterías.

En el segundo capítulo se detalla la propuesta de estudio, es donde se detalla paso a paso el proceso de fabricación del dispositivo y su aplicación para así poder determinar su precisión y funcionamiento, además de establecer una metodología de desmontaje de las baterías de alto voltaje y una metodología de diagnóstico implementando el dispositivo construido.

En el tercer capítulo se analizan los resultados obtenidos en el presente trabajo como son el dispositivo construido, su eficiencia respecto al costo de fabricación, su precisión respecto a

multímetros comerciales, los resultados de los diferentes tipos de diagnósticos aplicados y su comparativa, además de analizar la metodología de desmontaje y diagnóstico.

Finalmente, en el capítulo cuatro se detallan las conclusiones y recomendaciones resultantes de este trabajo de grado.

CAPITULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Antecedentes

La flota mundial de automóviles eléctricos e híbridos superó los 5,1 millones en 2018, un aumento de 2 millones desde 2017, casi duplicando la cantidad sin precedentes de nuevos registros en 2017 (IEA, 2019, pág. 6). Según la (AEADE, 2019), a nivel nacional las venta de vehiculas de híbridos y eléctricos disminuyeron notablemente ya que en el año 2017 se vendieron 3 513 vehículos entre híbridos y eléctricos y en el 2018 se han vendido 2 943, esto se debe a que se quitó la exoneración de aranceles, actualmente los vehículos híbridos pagan un IVA del 12%.

Los vehículos híbridos y eléctricos son los menos contaminantes en la actualidad, debido a que pueden funcionar usando pocos combustibles derivados del petróleo o incluso, no llegar a usarlos, estos constan de un motor eléctrico, un motor de combustión (en el caso de los vehículos híbridos) y unas baterías recargadas con una fuente exterior o por el motor de combustión interna, respecto a las baterías de este tipo de vehículos, un kilo de baterías equivale a unos 20 g de combustible y su autonomía típica oscila entre 100 y 200 km, frente a uno convencional que es de unos 500 km de media. (Escudero, Gonzales, Rivas , & Suarez, 2009, pág. 391).

Existen cuatro diseños básicos para automóviles: vehículos híbridos eléctricos (HEVs por sus siglas en inglés), vehículos híbridos eléctricos enchufables (PHEVs por sus siglas en inglés), vehículos eléctricos de batería pura (BEVs por sus siglas en inglés) y vehículos de pila de combustible de hidrógeno (FCEVs por sus siglas en inglés) (Gómez Gélvez, Hernán Mojica , Kaul, & Isla , 2016, pág. 5).

Los principales tipos de baterías utilizadas para este tipo de vehículos son: batería de plomo - ácido (PbAc), batería de Níquel - Cadmio (Ni - Cd), batería de Níquel - Metal - Hidruro (Ni - MH), batería de Ión - Litio (Li - Ión) y batería de Polímero - Ión - Litio (Li - Po) (Escudero, Gonzales, Rivas , & Suarez, 2009, pág. 396).

Está vigente la tarifa del 12% de impuesto al valor agregado (IVA) para todo tipo de autos híbridos que se comercializa en el país, antes los autos que usan esta tecnología, con un precio de hasta USD 35 000, tenían IVA del 0% (RADIO ATALAYA, 2018).

1.2 Planteamiento del problema

Si nos adentramos en lo que respecta al análisis de ciclo de vida de estas baterías, encontramos que, para la fabricación de estas que representa un 48% de su vida útil, el uso esta casi a la par de la fabricación con un 48% y la etapa de transporte para el reciclaje representa un 4%. Si esto lo llevamos a emisiones se producirían un valor de CO₂ equivalente a estos porcentajes (Zackrisson, Avellán, & Orlenius, 2010, pág. 1523).

El costo del cambio de la batería de alto voltaje de los vehículos eléctricos es elevado, este ronda los 2 000 dólares (Trejo, 2018). Lo que hace que este tipo de vehículos sea costoso en lo que respecta al remplazo de su batería, teniendo en cuenta que la vida útil de aproximadamente 200 000 km (CCA, 2015, pág. 29). Cabe destacar que en el país no existe una planta de reciclaje de estas baterías lo que hace que en cada cambio de batería se produzcan una gran cantidad de desechos al ambiente.

En la actualidad existen dispositivos o equipos como escáner automotrices y multímetros, los cuales sirven para realizar el diagnóstico de las de baterías de alto voltaje de vehículos híbridos y eléctricos. Pero el problema radica en el costo de dichos dispositivos y equipos, además del tiempo de diagnóstico de las baterías usando uno de estos. De igual manera cabe destacar que estos dispositivos y equipos nos permiten realizar un diagnóstico general de la batería como es el caso del scanner automotriz y en caso de querer realizar un diagnóstico más específico es decir celda por celda como en el caso del multímetros, sería necesario implementar por lo menos dos multímetros para poder realizar el diagnostico específico. Estos dispositivos existentes solo evalúan el estado de las celdas basándose en los voltajes y amperajes, mas no en la resistencia interna la cual nos permite conocer el estado interno de las baterías.

1.3 Formulación del problema

¿Qué variables se debe tener en cuenta para diagnosticar de una forma específica estos módulos?

¿Existe un dispositivo con el que se realice el diagnostico de forma específica de estos módulos?

¿Como realizar el diagnostico especifico de los módulos de baterías de vehículos híbridos y eléctricos?

1.4 Delimitación temporal y espacial

1.4.1 Delimitación temporal

El presente estudio se realizará durante el tiempo comprendido entre los meses abril-agosto del año 2019.

1.4.2 Delimitación espacial

El presente estudio se desarrollará en la ciudad de Ibarra provincia de Imbabura en uno de los talleres de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Implementación de un dispositivo de diagnóstico para módulos de batería de vehículos híbridos y eléctricos.

1.5.2 Objetivos específicos

- Diseño y programación del dispositivo haciendo que sea capaz de realizar el diagnostico basándose en la resistencia interna y estado de carga de los módulos de batería de los vehículos híbridos y eléctricos.
- Construcción de del dispositivo implementando componentes comerciales.
- Validar el funcionamiento del dispositivo realizando un análisis comparativo de desempeño con dispositivos comerciales.
- Desarrollo de una metodología estándar para el desmontaje y diagnóstico de baterías de vehículos híbridos y eléctricos, implementando el dispositivo.

1.6 Justificación

Las baterías de vehículos híbridos y eléctricos no poseen una vida útil muy extensa, y en la actualidad el costo para realizar el cambio de una de estas es elevado, además hay que tener en cuenta los desechos que se producen al realizar este cambio. Sin embargo, el hecho de que las baterías de estos vehículos tienen su vida útil, no significa que los módulos de los cuales estas están compuestas se dañen en su totalidad, dando la oportunidad de que se replacen solamente los módulos deteriorados.

El objetivo 3 y 5 del Plan Nacional De Desarrollo que consisten en reducir la utilización de combustibles derivados del petróleo promoviendo prácticas que aporten a la reducción de la contaminación e investigación e innovación para la producción, transferencia tecnológica; vinculación del sector educativo y académico con los procesos de desarrollo para lo cual promueve la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades respectivamente (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017, págs. 64-83). Por lo cual con este proyecto se busca impulsar el uso de vehículos que reduzcan en algo o en su totalidad el uso de combustibles derivados del petróleo como son los vehículos híbridos y eléctricos, realizando aportes tecnológicos que permitan reducir los costos del cambio de las baterías de alto voltaje que estos vehículos disponen, estos aportes permitirán realizar un diagnóstico más específico del estado de las baterías de alto voltaje, con lo cual se conseguirá determinar los módulos defectuosos y su estado interno, para plantear un cambio de estos lo cual sería menos costoso y reduciría los desechos al ambiente.

1.7 Tecnologías Automotrices Híbridas y Eléctricas

1.7.1 Vehículos Microhíbridos (STAR-STOP)

Este tipo de vehículos son sólo pequeñas modificaciones en comparación con un vehículo convencional, el motor de arranque convencional se sustituye por una versión más potente y se conecta a través de una correa un generador; cuando el vehículo se detiene (en un semáforo o en la congestión) se desconecta el motor de combustión y al volver a arrancar el motor se pone en marcha de forma automática y sin ningún retraso perceptible (Hofmann, 2014, pág. 50).

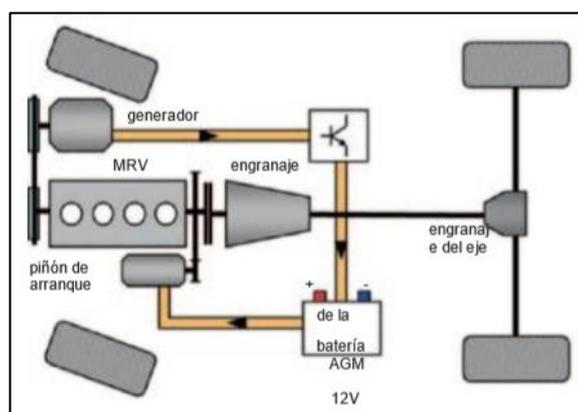


Figura 1.1 Configuración del Vehículo Microhíbrido
(Hofmann, 2014, pág. 51)

1.7.2 Vehículos Híbridos medios 48V

En este tipo de vehículos a diferencia de los Vehículos Microhíbridos, se recupera la energía de desaceleración, mediante un motor eléctrico que actúa como generador, el que posteriormente se utilizara para ayudar en las aceleraciones al motor de combustión; suelen llevar baterías mayores o incluso una batería alternativa; cabe destacar que este no puede circular únicamente con la tracción eléctrica debido a las dimensiones reducidas del motor eléctrico (STA, 2011, pág. 144).

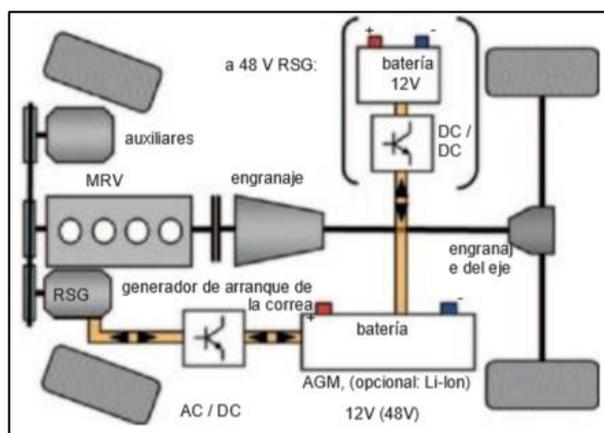


Figura 1.2 Configuración del Vehículo Híbrido Medio (Hofmann, 2014, pág. 51)

1.7.3 Vehículos Híbridos Puros (HV)

Su principal característica es que puede circular utilizando únicamente la tracción eléctrica, pero aun así sigue necesitando la ayuda de un motor de combustión interna para aumentar su autonomía (STA, 2011, pág. 145). Este tipo de vehículos se clasifica en 3 clases:

1.7.3.1 Vehículos Híbridos en Serie

Consisten en un motor de combustión, que está acoplado a un generador y a un motor eléctrico para accionar las ruedas, no existe ninguna conexión mecánica entre el motor de combustión y la transmisión, el generador transfiere directamente energía al motor de tracción eléctrica y a su vez recargar la batería; el grupo de carga puede independientemente del estado de cargar la batería (Hofmann, 2014, págs. 23,24).

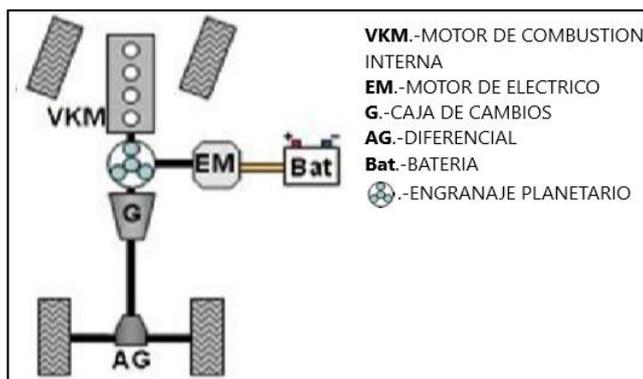


Figura 1.3 Configuración Vehículo Híbrido en serie
(Hofmann, 2014, pág. 24)

1.7.3.2 Vehículos Híbridos en paralelo

En este sistema existe un acoplamiento directo entre la transmisión y el motor de combustión, el motor de combustión interna y el motor eléctrico pueden desacoplarse a voluntad, en este tipo de vehículos el motor térmico es la principal fuente de energía y el motor eléctrico actúa aportando más potencia al sistema, el motor eléctrico ofrece su potencia en la salida y en la aceleración cuando el motor térmico consume más, un vehículo con este sistema es el Honda Insight (Martínez, 2013, págs. 26,27).

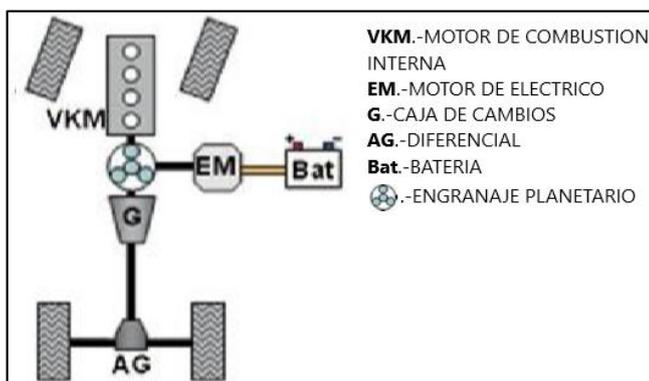


Figura 1.4 Configuración Vehículo Híbrido en paralelo
(Hofmann, 2014, pág. 24)

1.7.3.3 Vehículos Híbridos Mixtos

El motor eléctrico funciona en solitario a baja velocidad, mientras que, a alta velocidad el motor térmico y el eléctrico trabajan a la vez, en este sistema el motor térmico combina las funciones de propulsión del vehículo y de alimentación del generador, que provee de energía al motor eléctrico, lo que suele aumentar la eficiencia del sistema, ya que se puede aprovechar la energía generada por el motor térmico, que en ciertas circunstancias puede ser en exceso, y en lugar de desperdiciarla, utilizarla para recargar las baterías del sistema eléctrico, un vehículo con este sistema es el Toyota Prius (Martínez, 2013, págs. 26,27).

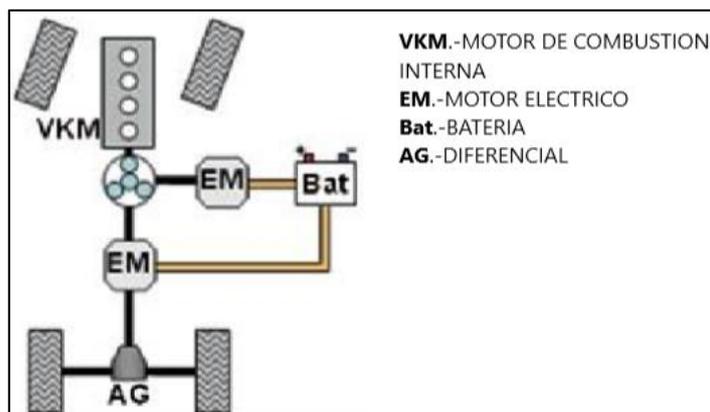


Figura 1.5 Configuraciones Vehículos Híbrido mixto
(Hofmann, 2014, pág. 24)

1.7.4 Vehículos Híbridos Enchufables (P-HV)

Tiene un funcionamiento similar a los vehículos híbridos, usan baterías para impulsar un motor eléctrico y usan otro combustible, como gasolina, para impulsar un motor de combustión interna, se pueden cargar las baterías a través del motor de combustión interna y el frenado regenerativo, la diferencia es que también se las puede cargar conectándolas a una red eléctrica (U.S. DEPARTAMENT OF ENERGY , 2015, pág. 1).

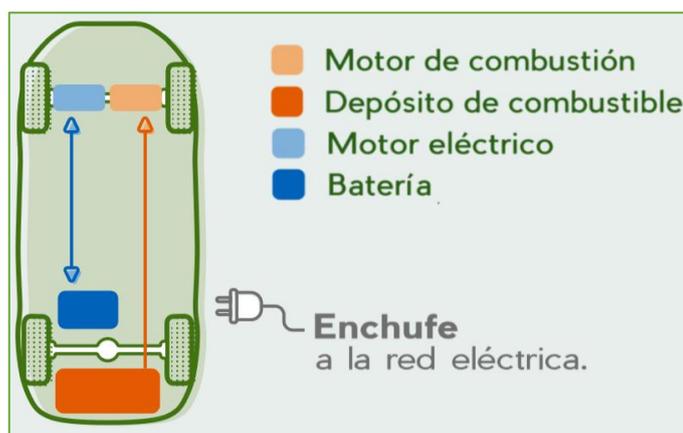


Figura 1.6 Configuración de un vehículo híbrido enchufable
(Iberdrola, S.A., 2019, pág. 1)

1.7.5 Vehículos Eléctricos de Autonomía Extendida (E-REV)

Es un vehículo con motor de combustión, este motor de combustión no mueve el coche, sólo genera energía para recargar las baterías y así contar con una mayor autonomía para el motor eléctrico, además estos además son enchufables, por lo que contamos con la posibilidad de recarga eléctrica, estos poseen una autonomía que ronda los 600 km (Martínez, 2013, pág. 29).

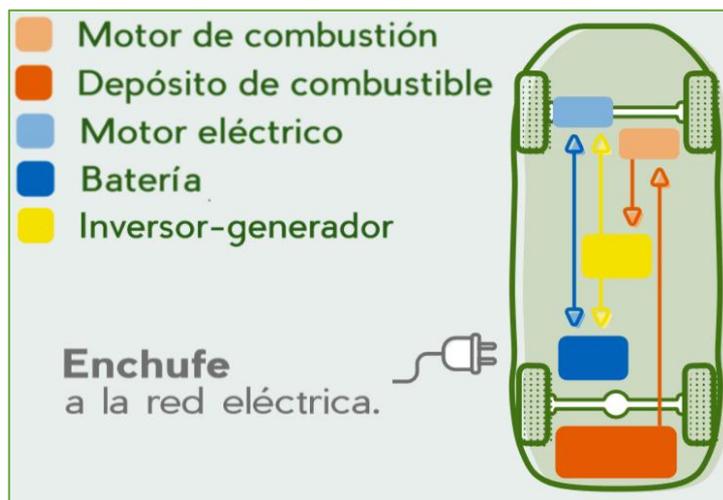


Figura 1.7 Configuración del vehículo eléctrico de autonomía extendida
(Iberdrola, S.A., 2019).

1.7.6 Vehículos Eléctricos Puros (EV)

Usa la energía química acumulada en baterías recargables, este es propulsado con la fuerza netamente de un motor eléctrico (Duque & Rocano, 2018, pág. 1). Los EV no tienen motor de combustión interna, por lo que no emiten gases de escape (U.S. DEPARTAMENT OF ENERGY , 2015, pág. 2).

Un elemento fundamental en el automóvil eléctrico son las baterías, que proporcionan la energía y se cargan conectados a una red eléctrica, otra cualidad del auto eléctrico es el freno regenerativo que lo hace aún más eficiente debido a que en lugar de disipar la energía del frenado en calor, aprovecha esta energía para recargar las baterías, esto debido a que los motores pueden funcionar como generadores durante el frenado (De la Herrán, 2014, pág. 17).

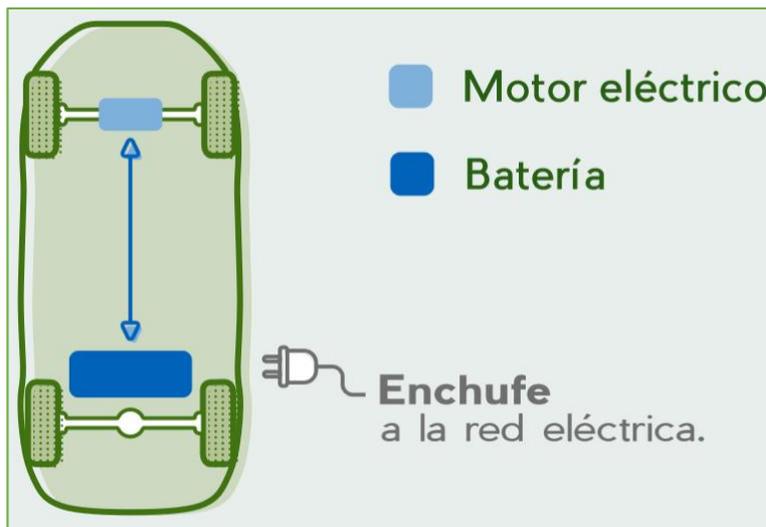


Figura 1.8 Configuración del vehículo eléctrico puro
(Iberdrola, S.A., 2019, pág. 1)

1.8 Componentes

1.8.1 Motores de combustión interna

En el caso de los sistemas híbridos poseen un motor de combustión interna para su funcionamiento, que permite convertir la energía química generada en la combustión de un combustible (gasolina o diesel) en energía cinética, el cual se aprovecha para mover las ruedas o generar energía eléctrica (Romo & Hidalgo, 2013, págs. 17,18).

Existen variaciones en los ciclos de funcionamiento de los motores de combustión interna, varios de estos han sido aplicados en vehículos híbridos por ejemplo el Toyota Prius en el cual posee un motor de combustión interna con ciclo Atkinson, el Mercedes E300 BlueTEC Hybrid y el Peugeot 3008 HYbrid4 los cuales poseen un motor de combustión interna con ciclo diesel, entre otros (Hofmann, 2014, págs. 146,148).

1.8.2 Transmisión

Consiste en la conexión del motor eléctrico (caso de los EV) o un motor eléctrico y un motor de combustión (caso de los HV) conectado a un engranaje reductor y a un diferencial, se prefiere la tracción delantera porque esta permite una mayor recuperación de la energía cinética durante el frenado (SUDOE, 2011, pág. 200).

En el caso de los vehículos híbridos en paralelos y mixtos la transmisión posee un engranaje planetario, que transmite el movimiento entre el motor de combustión interna, el motor eléctrico (generador o motriz) y la transmisión que posteriormente se conecta con las ruedas, el engranaje planetario está formado por: el porta satélites que está engranado al motor de

combustión interna, el planetario que esta engranado al generador eléctrico y la corona que esta acoplada al motor eléctrico (Romo & Hidalgo, 2013, pág. 29).

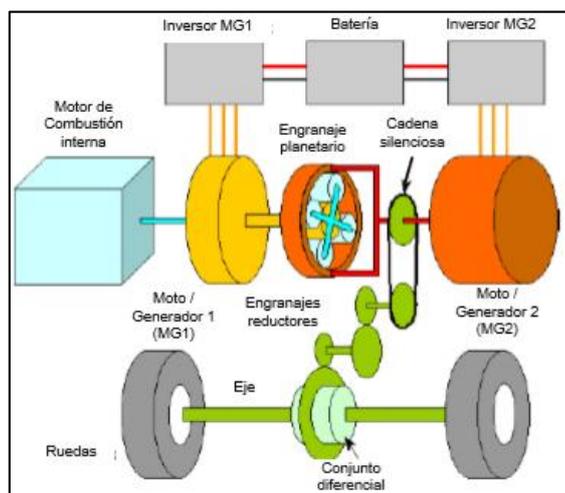


Figura 1.9 Configuración en vehículos híbridos en paralelo y mixtos (Romo & Hidalgo, 2013, pág. 31)

En los vehículos netamente eléctricos las configuraciones van desde un motor eléctrico por eje de ruedas, dos motores eléctricos uno en cada rueda del mismo eje con engranaje reductor o el motor eléctrico conectado directamente a la rueda, por lo que ya no es indispensable ni la caja de velocidades o el diferencial (De la Herrán, 2014, pág. 17).

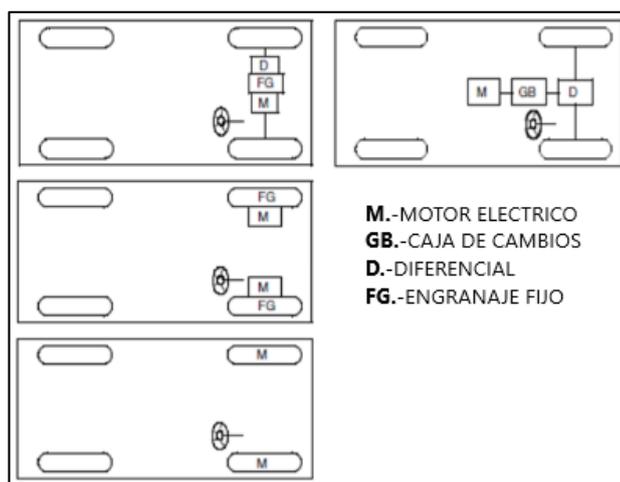


Figura 1.10 Configuraciones de los vehículos eléctricos (Universidad de la Republica, 2012)

1.8.3 Motor eléctrico

El motor eléctrico es el que convierte la energía eléctrica en energía mecánica para mover el vehículo y también funciona como un generador, el motor consiste en una fija (estator) y una parte giratoria (rotor), en el estator se agrega o se toma la energía eléctrica y en el rotor se suministra o consume la potencia mecánica, están contruidos en potencias de 3 kW a 300

kW y han demostrado ser máquinas robustas con un rendimiento ventajoso y una eficiencia muy buena. (Hofmann, 2014, pág. 165).

Existen varios tipos de motores eléctricos como son el motor eléctrico de corriente continua que hoy en día es rara mente utilizado como un mecanismo de tracción, también podemos mencionar a los motores eléctricos trifásicos que son máquinas de corriente alterna de los cuales existen dos tipos que son los motores eléctricos trifásicos síncronos y los motores eléctricos trifásicos asíncronos (Hofmann, 2014, págs. 172-174). Existen también los motores eléctricos Brushless que son motores eléctricos de corriente continua sin escobillas, lo que hace que requiera menor electrónica de potencia que los motores trifásicos (STA, 2011, pág. 46).

1.1.1 Inversor

Es el encargado de convertir la energía eléctrica de una forma a otra mediante un denominado inversor, con la finalidad de controlar, procesar o modificar alguna de sus características como son la tensión corriente, potencia, entre otras; estas conversiones de la energía eléctrica son enserias ya que por ejemplo: los motores eléctricos funcionan con corriente alterna y la batería les proporciona corriente o en el caso de los vehículo híbridos que usan un motor eléctrico para cargar la batería la cual almacena corriente continua y contrariamente el motor eléctrico le proporciona corriente alterna (STA, 2011, pág. 61).

La gestión de funcionamiento es controlada por medio de la unidad electrónica (ECU HV), la ECU HV controla al inversor y genera el diagnóstico de este, incluidos sus códigos de falla (Romo & Hidalgo, 2013, pág. 22).

Estos están compuestos principalmente por diodos y transistores e integran componentes eléctricos como bobinas y condensadores como se puede observar en la **Figura 1.11** (STA, 2011, pág. 61).



Figura 1.11 Componentes de un inversor
(Automotive Technical Projects, S. L., 2012, pág. 80)

Durante la operación de los sistemas híbridos y eléctricos el inversor se calienta, por lo cual necesita evacuar calor, para lo cual cuenta con un sistema de refrigeración por líquido como se puede observar en la **Figura 1.12** (Romo & Hidalgo, 2013, pág. 24).



Figura 1.12 Sistema de refrigeración del inversor
(Automotive Technical Projects, S. L., 2012, pág. 84)

La conexión de alta tensión se efectúa mediante conectores especiales, con diámetros y formas diferentes a los diferentes a los convencionales, para distinguir que son de alta tensión son de color naranja (Romo & Hidalgo, 2013, pág. 25).

El inversor dependiendo de la configuración del vehículo puede cumplir varias funciones como:

1. **Rectificador.** - Transforma la corriente alterna de tensión constante en corriente continua de tensión constante o variable,

2. **Regulador.** - Transforma la corriente alterna de tensión variable en corriente alterna de tensión fija,
3. **Cicloconvertidor.** - Permite variar la frecuencia de la corriente alterna, siendo la frecuencia de salida inferior a la frecuencia de entrada, esto ayuda a controlar a la velocidad del motor,
4. **Ondulador.** - Transforma la corriente continua a corriente alterna de tensión y frecuencia variable,
5. **Convertidor.** - Transforma a la corriente continua de tensión fija a corriente continua de tensión fija o variable (STA, 2011, pág. 61).

La conducción de la corriente de alta tensión de la parte delantera a la trasera del vehículo y entre los elementos y sistemas que la generan o consumen se hace por medio de un cableado especial de aluminio e identificado como norma de seguridad en color naranja (Automotive Technical Projects, S. L., 2012, pág. 87).

1.9 Acumuladores de Energía Eléctrica

Son el elemento destinado a almacenar la energía eléctrica, deben ser capaces de aguantar ciclos de carga y descarga continuos (Cuesta , 2017, pág. 28).

Existen diferentes formas de almacenar la energía eléctrica, pero el sistema más utilizado es a base de baterías químicas, las baterías químicas están compuestas por celdas individuales que cuentan con un medio conductor y un medio electrolítico, cuando estas celdas están conectadas en forma conjunta, conforman una batería (Martínez, 2013, pág. 32).

Las baterías almacenan la energía eléctrica de manera química, mediante dos componentes separados (ánodo y cátodo) que juntos provocan la reacción química que libera energía eléctrica, el ánodo es el componente donde se produce la reacción de oxidación (perdida de electrones) y el cátodo donde se produce la reacción de reducción (adquisición de electrones) (Cuesta , 2017, pág. 28).

Existen varios parámetros que caracterizan a las baterías, estos están influenciados por el material de fabricación, de igual manera por la temperatura y condiciones de funcionamiento a las que son sometidas. Estos parámetros se detallan en a Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Parámetros que caracterizan a una batería

Parámetro	Concepto
Capacidad nominal	Es el voltaje reportado o de referencia de la batería, también a veces se considera el voltaje "normal" de la batería.
Capacidad real	Es la capacidad que puede tener una batería desde su carga completa, en condiciones diferentes a las establecidas, puede ser mayor o menor a la capacidad nominal ya que depende de varios factores como la temperatura, las razones de descarga entre otras.
Capacidad retenida	Es la capacidad de energía que conserva la batería al ser sometida a un periodo de inactividad.
Autodescarga	Es la pérdida de capacidad nominal de una batería en un periodo de tiempo cuando se encuentra en circuito abierto.
Tensión en vacío	Es la tensión que tiene la batería cuando sus terminales no están conectados a una resistencia, este depende del estado de carga de la batería.
Tensión en circuito cerrado	Es la tensión que tiene la batería cuando sus terminales están conectados a una resistencia, lo que genera una caída de tensión en esta.
Densidad de potencia	Es la potencia específica que se puede obtener de una batería y se expresa en W/kg.
Densidad energética	Nos indica la relación entre el volumen ocupado por la batería y la capacidad de almacenamiento de ésta. Se expresa en Wh/kg o Wh/l.
Efecto memoria	Es una característica que sufren las baterías, que reduce su capacidad debido a cargas incompletas, esta se produce cuando se carga una batería sin haberla descargado del todo o cuando se interrumpe una carga sin haberla completado, es decir que las baterías parecen recordar el nivel de carga en el momento en el que se comienzan a cargar, de manera que cuando se usa solo se descargan hasta ese nivel, quedando parte de su capacidad inutilizable.

Fuente (Chuquimarca & Suin , 2017, pág. 6) (Cuesta , 2017, pág. 32) (STA, 2011, pág. 93)

1.9.1 Resistencia interna

La resistencia interna se define como un concepto que ayuda a modelar las consecuencias eléctricas de las complejas reacciones químicas que se producen dentro de una batería (MIT Electric Vehicle Team, 2008).

Es imposible medir directamente la resistencia interna de una batería, pero ésta puede ser calculada mediante los datos de corriente y voltaje medidos sobre ella, esta varía con el tiempo de funcionamiento de la batería, pero en la mayoría de las baterías comerciales la resistencia interna es del orden de 1 ohmio (Peña, 2011, pág. 18).

$$R_i = \frac{V_{ca} - V_{cc}}{I} \quad [1.1]$$

Donde:

R_i . – Resistencia interna de la batería

V_{ca} . – Voltaje con circuito abierto

V_{cc} . – Voltaje con circuito cerrado

I . – Amperaje

Este parámetro puede descomponerse a la vez en dos tipos de resistencias, la resistencia de polarización y la resistencia óhmica la cual provoca una menor tensión en la batería, un menor tiempo de descarga y menor potencia disponible, su modelado proporciona valores para que al gestionar la batería se haga un mejor uso de las celdas del conjunto, lo que puede llevar a un mayor ciclo de vida (Morente Fernández , 2015, págs. 15,16).

1.9.2 Tipos de tecnologías

Las baterías de alto voltaje más usadas actualmente en este tipo de vehículos son las de Níquel Hidruro Metálico, las de Polímero de Litio y las de Iones de Litio, cabe destacar que cada fabricante decide qué tipo usar en sus vehículos, por ejemplo:

- Toyota utiliza baterías de níquel-hidruro metálico para sus vehículos Híbridos (Prius c-v-liftback, Avalon, Camry), baterías de Iones de litio para sus vehículos Híbridos Enchufables (Prius Enchufable, RAV 4 EV),
- Ford usa baterías de iones de litio tanto para sus vehículos híbridos (Ford Fusion Híbrido, Ford C-Max), sus vehículos Híbridos enchufables (Ford Fusion Energi) y totalmente eléctricos (Ford Focus eléctrico),

- Hyundai emplea baterías de polímero de litio para sus vehículos híbridos (Sonata Híbrido) (CCA, 2015, pág. 5).

1.9.2.1 Níquel Cadmio

En una tecnología ampliamente probada, tiene una larga vida útil que esta entre los 1.000 y 1.500 ciclos de carga, perdieron popularidad debido al cadmio que es muy contaminante; tiene una densidad energética de 50 Wh/kg y una densidad de potencia de 200 W/kg (STA, 2011, págs. 83,93).

Este tipo de baterías están formadas por:

- a) Electrodo positivo. - Que contiene hidróxido de níquel,
- b) Electrodo negativo. - Hecho de cadmio,
- c) electrolito. – compuesto de hidróxido de potasio (STA, 2011, pág. 83).

La reacción electroquímica que se produce en este tipo de baterías no involucra al electrolito ya que sólo actúa como medio de transporte para las cargas eléctricas, es decir que no hay interacción del electrolito con la materia activa de las placas (Villafáfila , Peña , & Cros , Almacenamiento energía, 2008, pág. 4).

1.9.2.2 Níquel hidruro metálico

Son utilizadas en muchas aplicaciones ya que pueden almacenar un 30% más de energía que las baterías de Níquel-Cadmio, debido a su alto nivel de descarga se utiliza en situaciones de carga continua; tienen una densidad energética de 70 Wh/kg y una densidad de potencia de 200 W/kg, además su vida útil supera los 2000 ciclos de carga (STA, 2011, págs. 84,93).

Tienen un buen índice de autodescarga, pierden su carga eléctrica después de períodos largos de tiempo y son benignas para el medio ambiente y son reciclables, además tiene una baja autonomía en vehículos eléctricos puros, entre 80 a 100 km (Martínez, 2013, pág. 34).

Están compuestas por:

- a) Un electrodo positivo. - Que suele ser de hidróxido de níquel, de ahí su nombre,
- b) Un electrodo negativo. - Que, por lo general de un material de hidruro metálico o aleaciones absorbentes de hidrógeno, pero los metales utilizados varían (con frecuencia se utilizan aleaciones de paladio, zirconio, vanadio o titanio, por ejemplo),
- c) Electrolito. - Que es una solución química acuosa, casi siempre hidróxido de potasio, que permite la transferencia de iones entre el electrodo positivo y el negativo,

- d) El separador. - Que está hecho de delgadas fibras de nailon y se usa para separar físicamente estos electrodos y, al mismo tiempo, permitir la transferencia de iones (CCA, 2015, pág. 7).

1.9.2.3 Polímero de litio

El diseño original data de los años 70 usando un polímero sólido como electrolito, este electrolito se ensamblaba en un recipiente plástico que no conducía la electricidad, y que impedía el paso de electrones, el polímero sólido ofrece ventajas de fabricación por ejemplo permite alcanzar grosores de 2 milímetros, lo que permite crear baterías con el espesor de una tarjeta de crédito; desafortunadamente el Polímetro Sólido sufre de baja conductividad por la alta resistencia interna, por lo que su capacidad de descarga es baja, (Carrasco, 2009, pág. 9).

Las baterías de Litio-Polímero eliminan los electrolitos líquidos, pueden ser moldeados en una gran variedad de formas y tamaños. (Martínez, 2013, pág. 35). Está compuesta por:

- Un ánodo. - Que está formado por una ultradelgada lámina de litio metálico que hace la función de fuente de iones de litio(descarga) o como colector(carga),
- Un cátodo. – Que está formado de un material compuesto con capas intercaladas de óxido de vanadio, negro de carbono, sal de litio y polímeros todo ello laminado sobre una hoja de aluminio que sirve de colector,
- Electrolito sólido y seco. - Confeccionado a partir de una membrana gomosa constituida de diversos compuestos como sales de litio rellenando los intersticios, que sirve de separador entre las láminas de ánodo y cátodo (Carrasco, 2009, pág. 10).

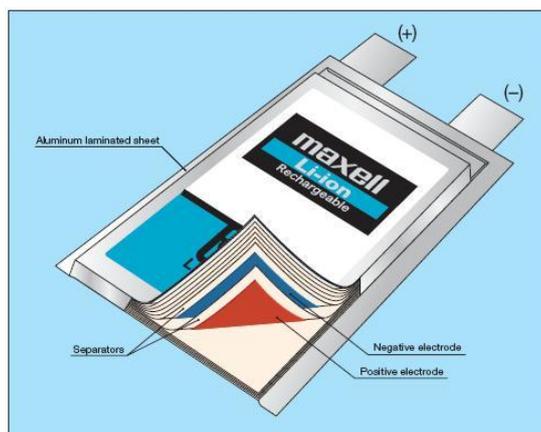


Figura 1.13 Partes de una Batería de Polímero de Litio.
(RC MICROELECTRÓNICA, S.A., 2014) .

Este tipo de baterías pueden generar daños físicos debido a su excesivo calentamiento a que puede aumentar su temperatura hasta cerca de 60 grados, por lo que incorporan circuitos de protección que regulan diversos aspectos:

- a) Protección de corriente: la corriente admisible que puede circular (en carga o descarga) es bastante limitada para evitar sobrecalentamientos y defectos en los materiales electroquímicos, para ello suelen incorporar una resistencia con chapas para disipar el calor generado, de forma que si en carga intentamos sobrepasar la tensión parte de esta se consume en estos radiadores; de igual manera, en descarga el sistema no permite sobrepasar cierta corriente,
- b) Protección de presión: la tensión interna que sufre el litio en su proceso de carga y descarga puede producir micro-agrietamientos en torno a las dentritas del material, este fenómeno es reducido mediante un control de la presión de las celdas,
- c) Protección ante el agua: el encapsulado debe proteger al litio del agua y la humedad pues podría reaccionar generando calor y estropeando la batería.
- d) Subsistema de ecualización y equilibrado: a la hora de cargar y descargar la batería es necesario que el sistema de protección electrónico controle los niveles de intensidad y tensión para evitar sobrecalentamientos además de sobrecargas de capacidad que deteriorarían la batería. Por eso el sistema tiene capacidad de desconectar la conexión en estos casos según el diagrama adjunto. Además, las baterías se suelen conectar en packs en serie y paralelo. Para el correcto funcionamiento deben descargarse y cargarse todas por igual. Por eso el sistema de control puede conectarlas o desconectarlas convenientemente para mantenerlas equilibradas (Carrasco, 2009, pág. 14).

1.9.2.4 Iones de litio

Ésta es la batería por excelencia que usan los vehículos eléctricos puros, presenta una densidad energética tres veces superior a las otras baterías recargables, no tiene efecto memoria, tiene un bajo nivel de autodescarga, así como un número elevado de ciclos de carga y descarga. (Cuesta , 2017, págs. 30,31).

Estas baterías tienen una densidad energética de 135 Wh/kg y una densidad de potencia de 150 Wh/kg, además su vida supera los 2000 ciclos de carga (STA, 2011, pág. 93).

Tiene una gran sensibilidad a las temperaturas extremas (tanto frío como calor), sus condiciones disminuyen de forma clara según sus condiciones ambientales, por lo que se requiere un adecuado sistema de refrigeración para mantener constante la temperatura de funcionamiento; cabe destacar que tanto las descargas extremas como las sobrecargas causan daños en las celdas internas, por lo que se debe evitar estas situaciones aun confiando en la eficacia de los circuitos de protección (STA, 2011, pág. 85).

Está formada por:

- a) Un electrodo negativo de carbono cabe destacar que el electrodo negativo más popular en el mercado es de grafito, en tanto que el positivo suele ser uno de estos tres materiales:
 - Óxido laminado (como óxido de litio o cobalto),
 - Polianión (como fosfato de litio-hierro),
 - Espinela (como óxido de litio-manganeso)
- b) Un electrodo positivo de óxido metálico
- c) Electrolito que es una sal de litio en un solvente orgánico como carbonato de etileno o carbonato dietílico que contiene complejos de iones de litio, debido a que el litio es muy reactivo y reacciona vigorosamente con el agua para formar hidróxido de litio y gas hidrógeno, se suele utilizar un electrolito no acuoso y el empaque está perfectamente sellado para impedir que la batería se humedezca (CCA, 2015, pág. 11).

1.9.3 Baterías de alto voltaje para vehículos Híbridos y Eléctricos

Estas baterías están formadas por un conjunto de módulos de baja tensión, los cuales están cubiertos por una caja metálica aislada de la alta tensión, estos módulos están conectados en serie o paralelo, lo cual permite producir un voltaje o intensidad necesaria para el funcionamiento de vehículos híbridos y eléctricos (Toyota Motor Corporation , 2004, pág. 9).

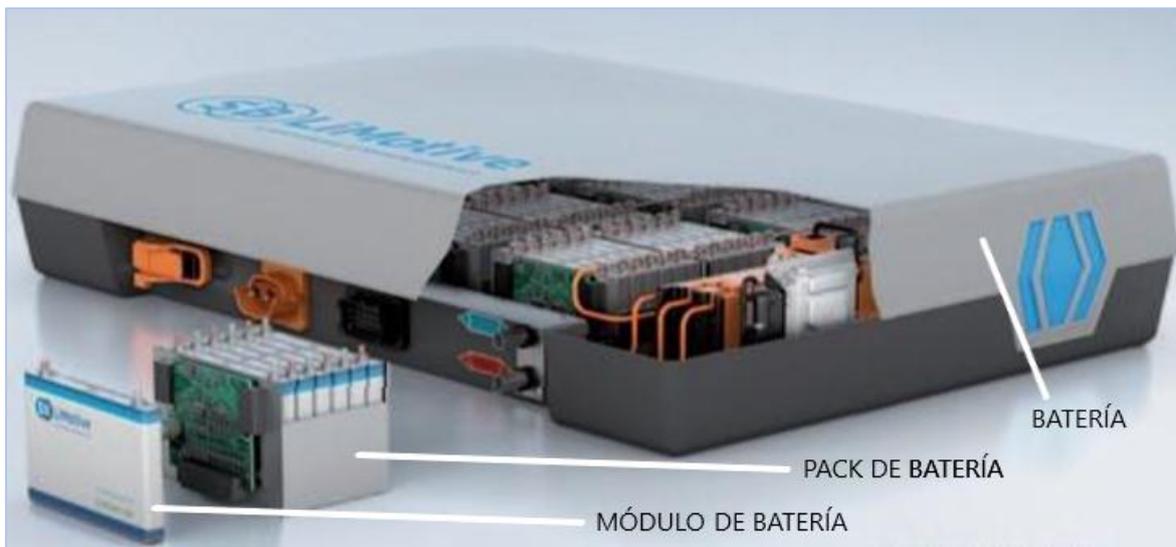


Figura 1.14 Partes de una batería de alto Voltaje
(Hofmann, 2014, pág. 224)

1.9.3.1 Tipos de módulos de baterías de alto voltaje

- a) **Cilíndricos.** – Brindan una buena estabilidad mecánica, dado que pueden soportar altas presiones sin deformarse, tiene un bajo costo en el mercado,
- b) **Prismáticos.** – Permite tener flexibilidad en el diseño de la batería logrando optimizar el espacio en el ensamblaje de las baterías, tiene un costo elevado en el mercado (Chuquimarca & Suin , 2017).

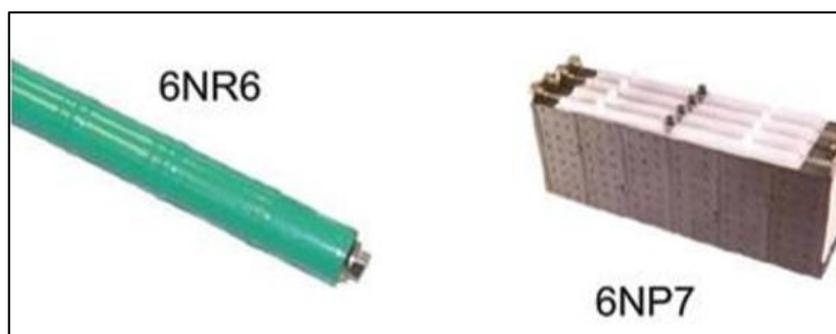


Figura 1.15 Tipos de módulos según su forma
(Hofmann, 2014, pág. 231)

La vida útil de las baterías de alto voltaje se las puede evaluar por el kilometraje recorrido que esta entre los 160,934 y 201,168 km (CCA, 2015, pág. 29). También se la determina por los ciclos de carga, la cual en todos los casos sobrepasa los 1000 ciclos (STA, 2011, pág. 93).

Los criterios que hay que tener en cuenta a la hora de elegir una batería son: la energía que puede almacenar (por unidad de masa Wh/kg o unidad de volumen Wh /l) que va a depender del tipo de vehículo teniendo en cuenta el consumo del motor y los otros sistemas, la

densidad de potencia que puede proporcionar o almacenar, su duración, seguridad y coste (STA, 2011, pág. 81).

De la cantidad de energía almacenada va a depender la autonomía del vehículo, teniendo siempre en cuenta el consumo del motor y los otros sistemas; la potencia puede entenderse como la velocidad con la que la batería puede ceder o almacenar energía, una batería potente es capaz de ceder una alta cantidad de energía si el motor eléctrico requiere realizar un sobreesfuerzo como en una pendiente o es capaz de almacenar mucha energía cuando el motor eléctrico actuando como generador le cede energía en una frenada brusca (STA, 2011, págs. 81,82).

La seguridad en las baterías es un factor determinante a la hora de implementarlas en vehículos destinados al transporte de personas, debido al peligro latente que estas representan por causa de una elevada concentración de energía sumado a ciertas reacciones químicas en condiciones desfavorables causadas por un mal uso (STA, 2011, pág. 82).

Partes de una batería de alto voltaje

- a) **Celda.** – es la parte más pequeña de una batería, puede tener voltaje de 1 a 6 voltios,
- b) **Modulo.** -consiste en la unión de varias celdas en serie o paralelo, existen dos tipos de módulos que se clasifican por su forma como son los cilíndricos y prismáticos como se puede observar en la Figura 1.14,
- c) **Pack de batería.** – en la unión de varios módulos conectados en serie o en paralelo, en una batería de alto voltaje puede haber más de un pack (Chuquimarca & Suin , 2017, págs. 4,5,42).

1.9.3.2 Voltaje nominal de la batería

El cálculo del voltaje nominal de las baterías de alto voltaje se lo realiza usando la siguiente ecuación:

$$V_n = V_p * N_p \quad [1.2]$$

Donde:

V_n . – Voltaje nominal

V_p . – Voltaje de cada modulo

N_p . – Número de total de módulos

1.9.3.3 Voltaje máximo de la batería de alto voltaje

El cálculo del voltaje máximo de una batería de alto voltaje se lo realiza usando la siguiente ecuación:

$$V_m = V_n + 20\%(V_n) \quad [1.3]$$

Donde:

V_m . – Voltaje máximo

V_n . – Voltaje nominal

1.9.4 Sistemas de la batería de alto voltaje

1.9.4.1 Sistema de control de temperatura

Las baterías de alto voltaje poseen sensores de temperatura de tipo termistores los cuales detectan la temperatura y envía la información al módulo de la batería de acuerdo con el cambio de temperatura mediante los termistores que varía su resistencia, mientras la temperatura sea baja la resistencia del termistor será alta y cuanto más alta sea la temperatura la resistencia será baja, mediante este monitoreo la ECU de la batería varia la cantidad de aire que debe enviar el ventilador (Castro, 2014).

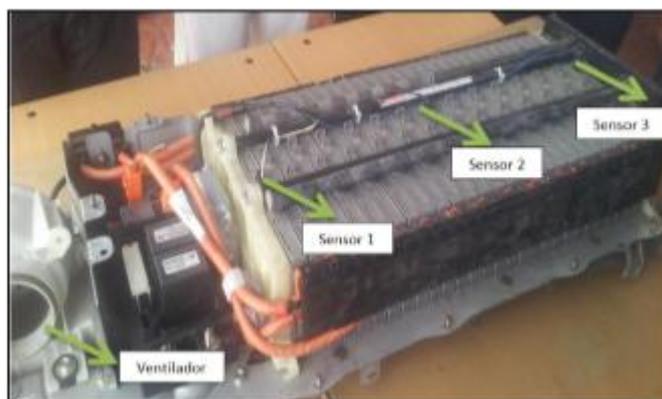


Figura 1.16 Sensores de temperatura
(Gómez & Hidalgo , 2014).

1.9.4.2 Sistema de seguridad o Jumper de Seguridad.

Las baterías de alto voltaje utilizan un control de voltaje que es el Jumper de seguridad, cuando el jumper está activado, no se puede realizar ningún mantenimiento, se debe de mover el jumper de la posición activa a la posición desactiva, en ese instante el voltaje se divide y para que el vehículo pueda funcionar de nuevo se debe de poner en la misma posición (Gómez & Hidalgo , 2014, págs. 28,29).

El jumper tiene la función de al momento de ser retirado dividir el voltaje en dos secciones, por ejemplo en la batería del Toyota Prius está ubicada en el paquete número 10, dejando una sección con 70V y una sección con 150V, cabe destacar que esto cambia según el fabricante, además este es monitoreado por la ECU la cual detecta que está conectado correctamente caso contrario bloquea el sistema y no permite que el vehículo se encienda (Murillo , 2014, págs. 34,35).



Figura 1.17 Jumper de seguridad
(Gómez & Hidalgo , 2014).

1.9.4.3 Sistema de control de la batería de alto voltaje o ECU

El control de las baterías de alto voltaje se lo realiza por medio de una unidad electrónica ECU que se encuentra en el compartimiento de la misma , las funciones que realiza es verificar el voltaje que contiene cada pack así como la corriente que se está utilizando para cargar o descargar, otra función es monitorear la temperatura de cada bloque para activar el ventilador poniendo en funcionamiento dependiendo de la temperatura, el monitoreo se lo realiza por sensores que en algunas baterías tienen tres ubicados en los extremo y en el medio de la misma (Gómez & Hidalgo , 2014, págs. 17,18).

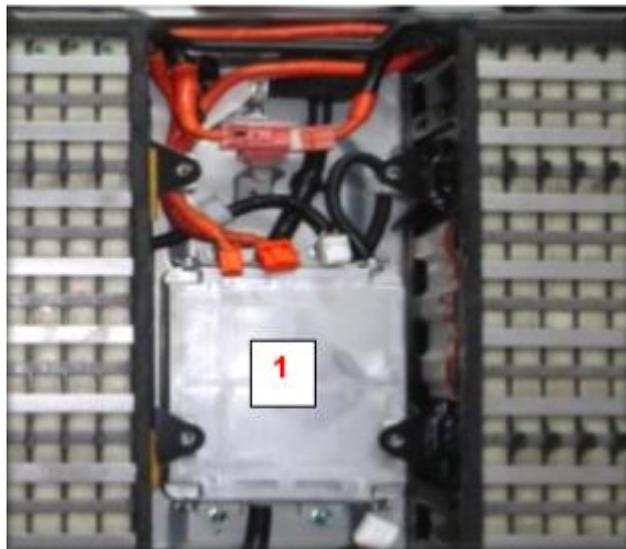


Figura 1.18 ECU de la batería de alto voltaje.
(Murillo , 2014).

1.9.4.4 Sistemas de carga de las baterías de alto voltaje

Para realizar la cargado de las baterías hay diferentes sistemas, dependiendo de la configuración y el tipo del vehículo. Están:

- El freno regenerativo, que nos ayuda a cargar la batería del motor eléctrico cada vez que se frena el vehículo (D.M.T, 2017, pág. 2).
- Con un motor de combustión que sólo genera energía para recargar las baterías (Martínez, 2013, pág. 29).
- Conectando a una red eléctrica para cargar las baterías (U.S. DEPARTAMENT OF ENERGY , 2015, pág. 1).

1.9.5 Estado del arte

Para facilitar el desarrollo del presente estudio se recurre a la información de otros trabajos referentes a la construcción de dispositivos de diagnóstico de baterías de vehículos híbridos y eléctricos con la finalidad de precisar y aclarar las dudas relacionadas con el presente estudio.

En el proyecto de grado CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE DIAGNÓSTICO Y CARGA PARA MANTENIMIENTO DE BATERÍAS DE AUTOS HÍBRIDO, realizado en la ciudad de Quito en el año 2014 se creó un dispositivo de diagnóstico y carga, para el diagnóstico implementaron 10 multímetros conectados en serie y para el cargador partieron de un cargador básico de baterías usando un puente de gretz conectado a un capacitor de 220 uf que convierte la corriente alterna de 110V en corriente continua de 25V. Para refrigerar este dispositivo emplearon un ventilador de computadora (Murillo , 2014).

En el proyecto de grado DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CARGADOR AUTOMATIZADO DE BATERÍAS DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS, desarrollado en Latacunga en el año 2014 se elaboró un dispositivo, en el cual utilizaron para el diagnóstico 10 multímetros análogos con una capacidad de 30 voltios conectados en serie, 2 amperímetros análogos con una escala de 0 a 10 amperios para medir la corriente de carga y descarga de las celdas de la batería, para la carga usaron un puente rectificador KBPC1506W que realiza el cambio de corriente alterna en continua con una capacidad de soportar hasta 600 VAC en el ingreso y 600 VDC a la salida y para descargar las celdas se implementó un foco alógeno que funciona con un voltaje de 110 VDC y una potencia de 500W (Gómez & Hidalgo , 2014, págs. 53-57).

En el trabajo de fin de carrera CIRCUITO PARA LA MEDICIÓN DE LA CARGA Y LA SALUD DE BATERÍAS, desarrollado en Catalunya-España en el año 2011 se diseñó un sistema de medida de 2 partes generales, la primera parte es totalmente electrónica y corresponde a un circuito que se encarga de generar una señal de unas determinadas características, la segunda parte es íntegramente de programación en el cual se diseñó un programa que es capaz de leer las señales obtenidas por el circuito y mostrar en una pantalla LCD en qué estado está la batería, para ello en este programa se implementa en un microcontrolador del tipo PSOC y está programado en C (Ferrer, 2011, pág. 25).

Capítulo II

2 Materiales y métodos

2.1 Desarrollo de la propuesta de estudio

El presente trabajo consiste en desarrollar un dispositivo que nos permita realizar el diagnóstico de los módulos de las baterías de vehículo híbridos y eléctricos, además de una metodología que nos permita realizar lo antes mencionado Para esto se desarrolló un flujograma de trabajo que ilustra el proceso a realizar.

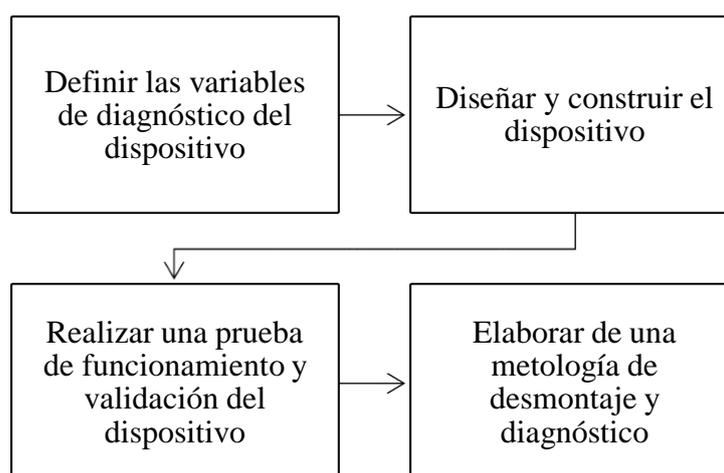


Figura 2.1 Flujograma de la propuesta

En el presente proyecto se planteó de 4 etapas, como se observa en la **Figura 2.1**, para poder realizar el trabajo de una manera ordenada y eficiente.

2.1.1 Definición de las variables de diagnóstico que empleara el dispositivo

Cómo se puede observar en la **Figura 2.2**, para la definición de variables se tomó en cuenta el voltaje sin carga, el voltaje con carga y el amperaje, las cuales nos permitirán realizar el cálculo de la resistencia interna y finalmente realizar un diagnóstico en base al estado de carga de los módulos, el cual consiste en cargar los módulos hasta su voltaje nominal y luego descargarlos hasta un 20 por ciento menos del voltaje antes mencionado verificando y comprando el tiempo de carga y descarga .

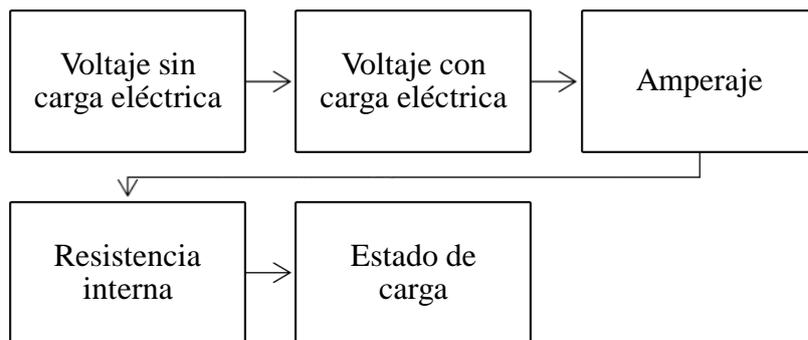


Figura 2.2 Flujograma de la definición de variables

2.1.1.1 Voltaje con circuito abierto.

Es la medición del voltaje que proporciona una fuente eléctrica sin estar conectado a un consumidor. Este voltaje variara dependiendo del tipo de material, la forma, tamaño y número de celdas internas que posea cada módulo. En la **Tabla 2.1** se puede apreciar estos valores.

Tabla 2.1 Valor de voltaje de las celdas de los módulos dependiendo del materia de fabricación

Material	Plomo	Níquel Cadmio	Níquel Hidruro metálico	Iones de Litio
Característica				
Voltaje (V)	2	1.25	1.25	3.6-3.7

Fuente (Villafáfila, Peña, & Cros , Baterías para Aplicaciones Estacionarias, sf) .

2.1.1.2 Voltaje con circuito cerrado

Consta en medir el voltaje que proporciona el módulo, pero esta vez conectado a un consumidor. Este valor disminuye en base al consumidor que se le aplique al acumulador.

2.1.1.3 Amperaje

Es la cantidad de corriente eléctrica que puede proporcionar la fuente de energía. Este dependerá de las características del módulo como el tamaño y materia del que este hecho y del consumidor que se emplee en su medición.

2.1.1.4 La resistencia interna.

Es la relación entre las variables antes mencionadas y se la calcula mediante la **Ecuación 1.1**. Existe un límite establecido de este valor el cual se obtuvo de un estudio realizado por (Villafáfila, Peña, & Cros , Baterías para Aplicaciones Estacionarias, sf) , esta depende del materia del cual este fabricada las celdas, estos valores se aprecian en la **Tabla 2.2**.

Tabla 2.2 Valor de resistencias internas de los módulos dependiendo del materia de fabricación

Material Característica	Plomo	Níquel Cadmio	Níquel Hidruro metálico	Iones de Litio
Resistencia interna (mΩ)	Inferior a 100 por módulo de 12 voltios	100-200 por módulo de 6 voltios	200-300 por módulo de 6 voltios	25-300 por módulo

Fuente (Villafáfila, Peña, & Cros , Baterías para Aplicaciones Estacionarias, sf)

2.1.2 Diseño y construcción

En la **Figura 2.3** se puede observar el flujograma del proceso de construcción del dispositivo, en el cual se partió determinando las funciones de este y finalizando con su software de funcionamiento.

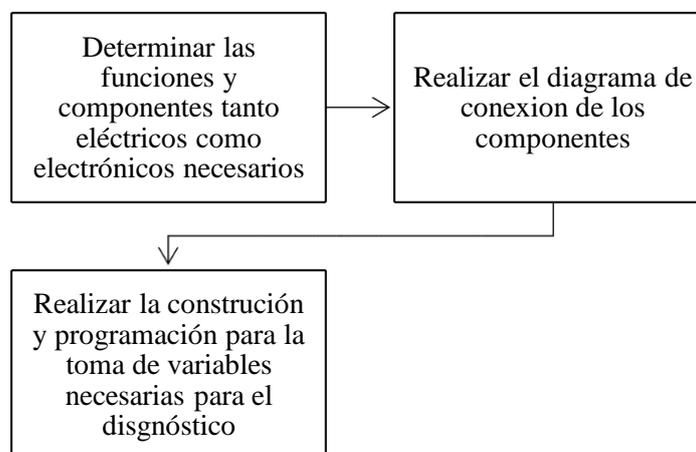


Figura 2.3 Flujograma del diseño y construcción del dispositivo

2.1.2.1 Funciones del dispositivo, componentes necesarios y diagrama de conexiones

El dispositivo está destinado a cumplir dos funciones que son: la carga y descarga de los módulos de las baterías de vehículos híbridos y eléctricos, para ello se implementó varios componentes, los cuales se detallan a continuación en la **Tabla 2.3**, en esta tabla se detallan los componentes con sus respectivas especificaciones.

Tabla 2.3 Componentes con especificaciones

N°	Nombre	Especificación técnica
1	Conector trifásico de alimentación AC	Capacidad 250VAC-10A
2	Interruptor de accionamiento del dispositivo	Capacidad 125VAC-16A 250VAC-10A
3	Fuente conmutada	Capacidad 24VCC 5A 120W
4	Convertidor AC-DC	Capacidad 12VCC 1.2A
5	Regulador de voltaje-amperaje XL4015	Capacidad 24VCC-5A regulables
6	Multímetro amperímetro	Incorporado en el regulador de voltaje XL4015
7	Potenciómetro regulador de voltaje	Potenciómetro de precisión de 10k Ω
8	Potenciómetro regulador de amperaje	Potenciómetro de precisión de 10k Ω
9	Arduino UNO R3	Con microcontrolador ATmega328 Voltaje de alimentación de 5-12V
10	Pulsador	Marca SM – modelo SS328R
11	Conector banana hembra positivo	Capacidad de corriente 24A
12	Conector banana hembra negativo	Capacidad de corriente 24A
13	Sensor de voltaje FZ0430	Voltaje máximo de sensado: 25VDC
14	Interruptor de accionamiento de carga	Capacidad 250V-6A
15	Conmutador selector de funciones	Capacidad 250V-6A 125V-10A
16	Interruptor de accionamiento de la descarga	Capacidad 250V-6A
17	Sensor de amperaje ACS712	Capacidad 20ACA-20ACC
18	Foco consumidor	15 kW de potencia
19	Modulo I2C	Voltaje de Alimentación 5V DC Controlador PCF8574
20	Pantalla LCD 16x4	Controlador HD44780 Fondo verde - letras negras Voltaje de operación 4.5 – 5.5V

Para energizar el dispositivo se implementó un conector trifásico (1), el cual nos permite conectarlo mediante un cable trifásico a un tomacorriente ya sea de 110V o 220V. Este conector trifásico por su parte posterior tiene tres pines de conexión el de la parte superior es el pin de tierra, el intermedio es el pin positivo y el de la parte inferior es el pin negativo. Además, se implementó un interruptor de dos posiciones (2) para que nos permita encender

o apagar el dispositivo, la entrada del interruptor se conecta al pin positivo del conector trifásico como se observa en la **Figura 2.4**.

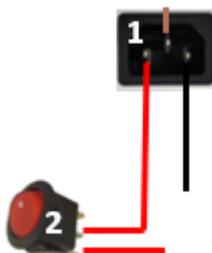


Figura 2.4 Componentes de energización principal

En lo que respecta a la función de carga de los módulos como se puede apreciar en la **Figura 2.5**, se implementó una fuente conmutada de 24 voltios y 5 amperios (3) de capacidad, la cual está conectada a los dos pines del conector trifásico que son: negativo y tierra, también se conecta al pin de salida del interruptor de dos posiciones. En esta fuente sus tres pines de entrada son el 1,2 y 3 que son positivo de entrada, negativo de entrada y tierra respectivamente, sus pines de salida son 4,5,6 y 7 que son negativo de salida, negativo de salida, positivo de salida y positivo de salida respectivamente. La numeración de los pines está grabada en la tapa de protección de los mismos



Figura 2.5 Conexiones de energización de la fuente conmutada

Para poder regular el voltaje de carga de los módulos se implementó un microcontrolador de voltaje DC-DC XL4015 (5) el cual nos permitirá controlar el valor del voltaje y amperaje. Para el control de voltaje y amperaje este módulo viene dotado de dos potenciómetros multivuelta de tornillo, los cuales fueron cambiados por potenciómetros multivuelta de perilla. Se soldó cables en los diferentes pines donde se ubicaban los potenciómetros de tornillos de la siguiente manera: pines de entrada(rojo), salida(blanco) y tierra(negro). Cabe destacar que los pines de conexión de los potenciómetros de tornillo son distintos a la de los potenciómetros de perilla por lo cual para diferencia estos pines en el potenciómetro de

voltaje (7) se soldó cables de la siguiente manera: entrada(amarillo), el de salida(naranja) y el de tierra(verde) y para el potenciómetro de amperaje(8) se soldó cables de la siguiente manera: entrada(blanco), salida(gris) y tierra(negro). Posteriormente se unió los cables de cada potenciómetro con los cables respectivos del microcontrolador. Este módulo viene integrado con un multímetro amperímetro (6) el cual nos permite monitorear el voltaje de carga que se le dará al módulo y el amperaje durante la carga, este multímetro amperímetro se fija al módulo mediante tornillos por sus esquinas. Este microcontrolador se conecta a la fuente a un pin positivo y negativo de salida de la fuente conmutada mediante sus pines de entrada IN+ e IN-. Lo antes mencionado se observa en la **Figura 2.6**.

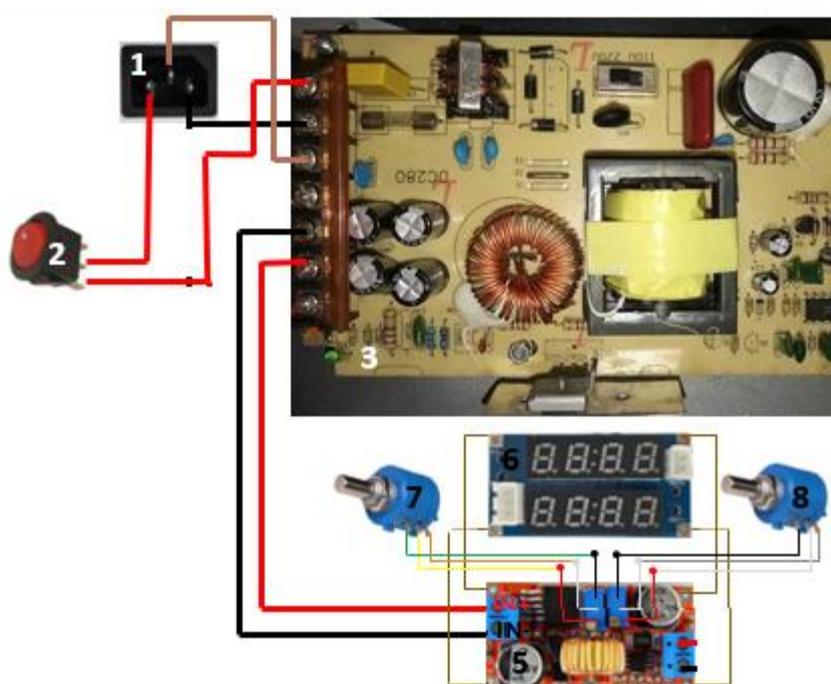


Figura 2.6 Conexiones microcontrolador-fuente conmutada, potenciómetros y multímetro amperímetro

Como se puede observar en la **Figura 2.7**, para activar la función de carga se implementó un interruptor de una vía (14), este interruptor se conecta por uno de sus pines al pin positivo de salida del microcontrolador y su otro pin se conecta al pin superior de un conmutador de tres vías (15), el pin negativo de salida del microcontrolador se conecta de forma directa al conector banana hembra negativo (12). Del conmutador de 3 vías el pin central se conecta de forma directa al conector banana hembra positivo (11). Estos conectores banana hembra

de entrada se conecta al conector banana hembra positivo y su pin negativo de entrada se conecta al conector banana hembra negativo.

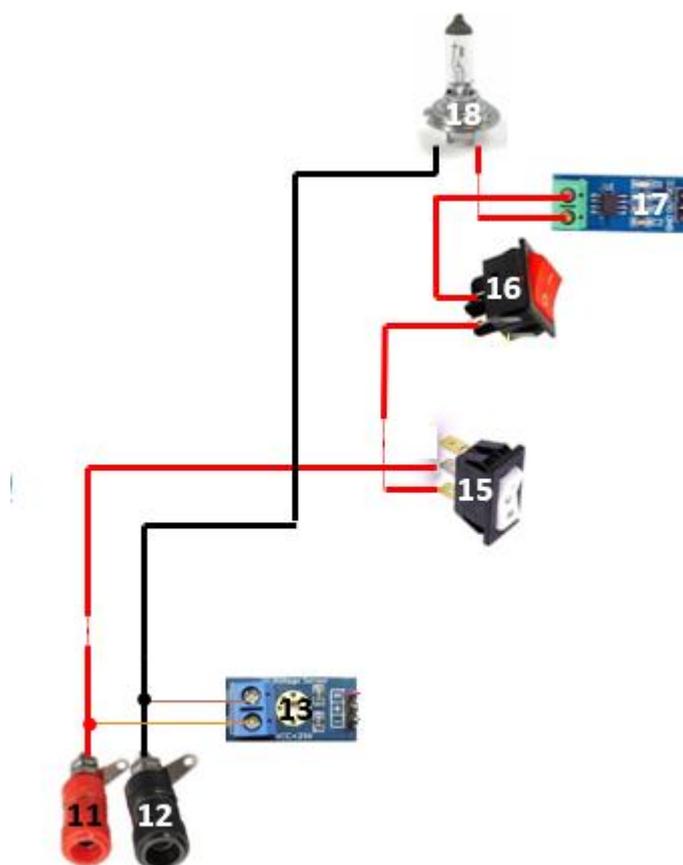


Figura 2.8 Conexiones del sistema de descarga con su sensores

Para procesar las señales que nos envían los sensores tanto de voltaje como de amperaje se implementó una placa Arduino UNO, la cual aparte de procesar las señales de los sensores nos permitirá realizar el cálculo de la resistencia interna de los módulos ya que este valor no puede ser medido de forma directa. Los sensores se conectan al Arduino de la siguiente manera: tanto el sensor de voltaje como de amperaje poseen tres pines para la conexión con Arduino que son positivo, tierra y señal, el positivo del sensor de voltaje no se conecta, el negativo del sensor de voltaje se conecta al pin de tierra de la placa Arduino y el pin de señal del sensor de voltaje se conecta al pin análogo 0 del Arduino, el pin positivo del sensor de amperaje se conecta al pin de 5 voltios del Arduino, el pin negativo se conecta al pin de tierra de la placa Arduino y el pin de señal se conecta al pin análogo 1 del Arduino. La impresión de los valores de las mediciones de voltaje, amperaje y resistencia interna, se activan mediante la lectura de señal que realiza el pin análogo 2 del Arduino, la lectura de este pin está controlada por una de las vías del interruptor de dos vías (16), es decir, con este

interruptor se permite el paso de señal proveniente del pin de 5 voltios de Arduino que al final desembocara en el pin análogo 2 del Arduino como se mencionó anteriormente. Para poder reiniciar la placa Arduino luego de haber finalizado un diagnóstico, se implementó un pulsador que va conectado por uno de sus pines al pin de reset que posee la placa Arduino y por el otro al pin de tierra del Arduino. Como se mencionó anteriormente los valores de las mediciones realizadas se proyectan en una pantalla LCD16x4(20), para conectar esta pantalla a la placa Arduino se implementó una placa I2C (19), la cual se une a la pantalla LCD mediante espadines. La placa I2C se conecta al Arduino mediante sus 4 pines de conexión que son: SDA, SCL, alimentación y tierra; estos pines se conectan a la placa Arduino de la siguiente manera: el pin SDA se conecta al pin análogo 4, el pin SCL se conecta al pin análogo 5, el pin alimentación se conecta al pin 5 voltios y el pin tierra se conecta al pin tierra. Todo lo mencionado se puede observar en la **Figura 2.9**.

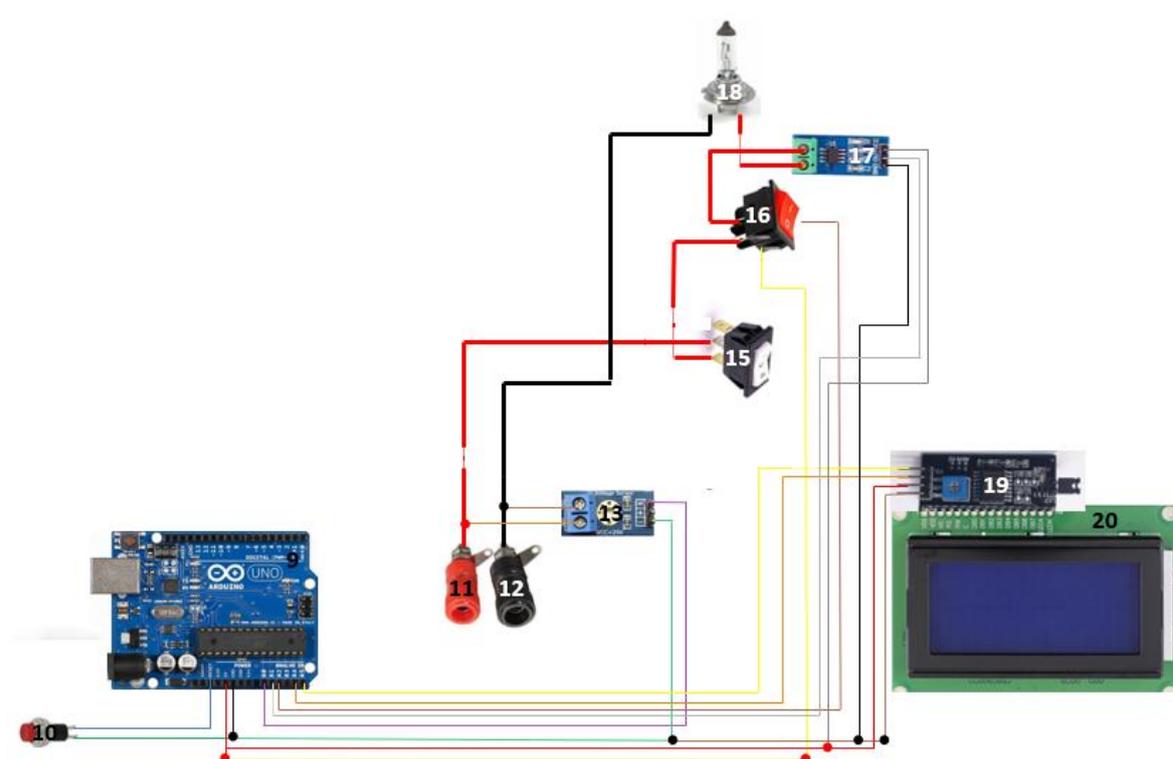


Figura 2.9 Conexiones placa Arduino-botón reset, placa I2C y sensores

Para alimentar de energía la placa Arduino como se puede observar en la **Figura 2.10** se implementó un convertidor de voltaje AC-DC (4) de 12V y 1A de capacidad, el pin positivo d entrada se conecta a la salida del interruptor de dos posiciones(2) y el pin negativo se

conecta al pin de tierra del conector trifásico. Los pines de salida del convertidor se conectan a un plug macho el cual a su vez conecta con el plug hembra de alimentación de Arduino.

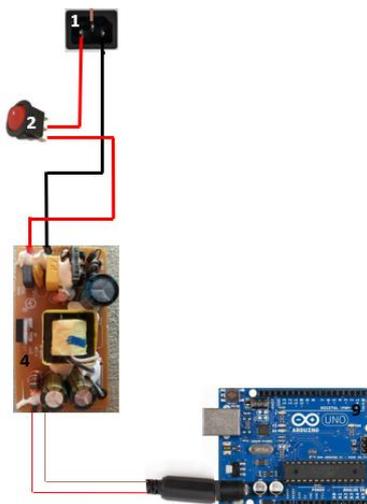


Figura 2.10 Conexiones de energización de la placa Arduino

Finalmente se diseñó su respectiva carcasa en el software Solid Works versión estudiantil como se puede observar en la **Figura 2.12**, se la diseñó en dos partes en forma de U. Una donde se ubican la parte frontal, la parte inferior y la parte posterior del dispositivo, y en la otra parte se ubican la parte lateral izquierda, la parte superior y la otra parte lateral. Esta carcasa nos permite contener de forma organizada y segura todos los componentes antes mencionados. Posteriormente fue construida en acero galvanizado para cuidar la integridad de todos los componentes.

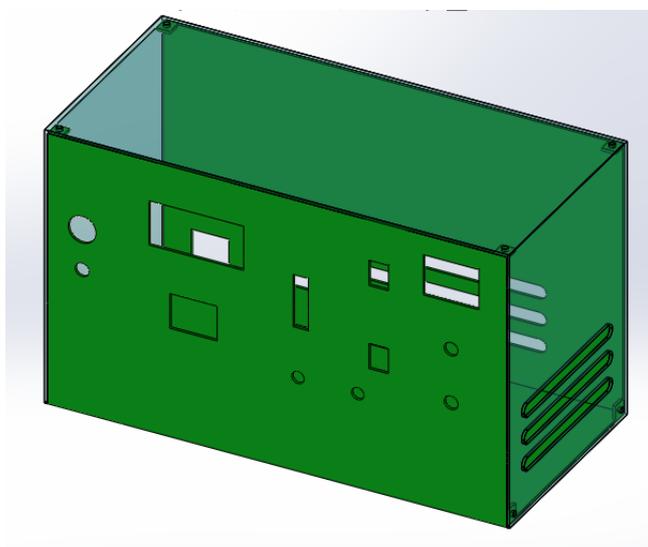


Figura 2.11 Diseño de la carcasa de dispositivo

2.1.2.2 Programación del dispositivo

La programación se realizó en el Software de Arduino, se implementó este software debido a que el diagnóstico se lo planteó en base a la resistencia interna de los módulos, y este al no poder ser medido de forma directa, se vio en la necesidad de implementar sensores que nos ayuden a tomar las mediciones de voltaje y amperaje en la descarga, para así con ayuda de la placa Arduino usando las lecturas de los sensores poder realizar el cálculo de la resistencia interna.

Se empezó la programación introduciendo las librerías Wire y liquidCrystal_I2C y se declaró la dirección de la placa I2C y el tipo de LCD que se implementó, para que puede ser leída y controlada por el Arduino y así poder mostrar las mediciones realizadas por los sensores y que luego fueron procesadas por la placa Arduino. Luego se introdujo el valor de la constante de sensibilidad del sensor de amperaje que es el nos permite calibrar el mismo.

Luego se procedió a programar el “void setup”, que es el que inicia solo al momento de encender la placa Arduino UNO, se inició introduciendo el “backlight” que es el que nos permite iniciar la iluminación de la pantalla LCD, luego se introdujo el “init”, que nos permite dar inicio al funcionamiento de la pantalla antes mencionada. Seguido se indicó que aparezca el siguiente mensaje en la pantalla LCD “DIAGNÓSTICO DE MÓDULOS DE BATERÍA DE ALTO VOLTAJE” durante un tiempo de 3 segundos.

Posteriormente se realizó la programación del “void loop”, que es el que repetirá de manera indefinida mientras se encuentre encendida la placa Arduino, este se inicia después de que se ejecute el “void setup”. Se empezó declarando las variables para realizar el cálculo de las mediciones del voltaje sin carga, que se las realiza a través del pin analógico 0 y se introdujo la fórmula de cálculo del voltaje antes mencionado. A continuación, se introdujo las

variables para el cálculo de las mediciones del amperaje durante la descarga que se realizan a través del pin análogo 1, seguidas de la fórmula para el cálculo.

Se introdujo las condiciones para la impresión de las mediciones en la pantalla LCD, estas nos permitirán:

- **Si el dispositivo no está conectado a ningún módulo.** - nos mostrara cero en las medidas del voltaje sin carga, del voltaje con carga, amperaje, de la resistencia interna.
- **Si el dispositivo está conectado a un módulo y no se ha accionado el consumidor de descarga.** - nos mostrara el valor del voltaje sin carga, el valor del voltaje con carga, el amperaje y la resistencia interna nos mostrara 0.
- **Si el dispositivo está conectado a un módulo y se ha accionado el consumidor de descarga.** – nos mostrará el valor del voltaje sin carga, le valor del voltaje con carga, el del amperaje y de la resistencia interna.

Entre estas condiciones se introdujo las variables de cálculo de la resistencia interna, seguidas de su fórmula de cálculo. Se finaliza el código introduciendo las variables y ecuación para la función “map” que es la que nos permite realizar el cálculo del volteje. El código completo se lo puede apreciar en el **Anexo 1**.

2.1.2.3 Construcción del dispositivo

Para la construcción de la carcasa del dispositivo se la realizo en acero galvanizado para q sea resistente y proteja a todos los componentes del dispositivo. La parte frontal se ubica el panel de control del dispositivo, en la parte posterior se ubica el conector de alimentación de corriente alterna, y una de las rejillas de ventilación del dispositivo., en la parte lateral derecha se ubica la otra rejilla de ventilación del dispositivo, y en la parte superior se ubica la agarradera para poder transportar el dispositivo, como se puede apreciar en la **Figura 2.12**.



Figura 2.12 Construcción de la carcasa

Respecto al cableado del dispositivo, para las líneas que están destinadas a soportar un voltaje superior a 5 voltios se empleó un cable #14 de color rojo y negro. Para las líneas que están destinadas a soportar voltajes menores a 5 voltios, transporte de datos y conexiones de tierra de líneas de bajo voltaje se empleó cables de proto board, del mismo color que se empleó en diseño eléctrico que se puede apreciar en la **Figura 2.11**. Para la unión entre cables y borneras se empleó terminales machos delgados, para la conexión entre cables y pines de la fuente conmutada se empleó terminales de ojo pequeños, para la conexión entre cables e interruptores se empleó terminales hembra y para la conexión entre cables y conectores banana hembra se empleó terminales de ojo medianos. La unión entre cables y terminales se cubrió con funda termo retráctil, al igual que las uniones entre cables que fueron soldadas. La pantalla LCD 16x4 se fijó al panel de control con tornillos, los potenciómetros y el botón de reset se fijaron mediante tuercas, el microcontrolador de voltaje, la fuente conmutada, el convertidor de voltaje AC-DC y la placa Arduino se lo fijó con cinta doble faz a la estructura metálica del dispositivo. Los interruptores y el conector trifásico se encajaron a presión en sus respectivas ranuras. En la ranura de observación del consumidor se colocó un cristal pegado con masilla epóxica. Se fijó una pinza caimán en la parte posterior del panel de control para que sirva de soporte para el consumidor. La unión entre las dos partes de la carcasa se la realiza con tornillos colepato, las conexiones entre los pines análogos, pin de 5 voltios, pin de tierra y reset hacia cables se lo hizo con espadines.

2.1.3 Prueba del funcionamiento y validación de las mediciones del dispositivo

Para la comprobación de las mediciones de voltajes y amperaje se realizó las mediciones de un módulo de la batería del Toyota High Lander, empleando el banco de pruebas construido y dos multímetros CAT II, uno para el voltaje y otro para el amperaje al mismo tiempo. Para medir el amperaje se conectó el multímetro destinado a medir el amperaje en serie en el circuito de conexión entre el módulo y el dispositivo, es decir, el cable positivo del dispositivo al cable rojo de este multímetro, el cable negro de este multímetro se conectó hacia el borne positivo del módulo, el cable negativo del dispositivo se conectó al borne negativo del módulo. Para medir el voltaje se conectó el multímetro destinado a medir el voltaje en paralelo con el circuito de conexión entre el módulo y el dispositivo, es decir, el cable rojo del multímetro que fue destinado a medir el voltaje directamente al cable positivo del dispositivo, y el cable negro de este multímetro se conectó de forma directa al cable negativo del dispositivo como se puede observar en la **Figura 2.13**.



Figura 2.13 Procedimiento de validación

En las pruebas de funcionamiento, se pudo evidenciar que las mediciones que realizaba el dispositivo eran muy inestables, razón por la cual se realizó una comprobación de voltajes paracitos utilizando un osciloscopio, conectando una de las puntas a tierra y la otra acercándola hacia las bobinas que formaban parte de la fuente conmutada, del convertidos AC-DC y del microcontrolador como se puede observar en la **Figura 2.14**.

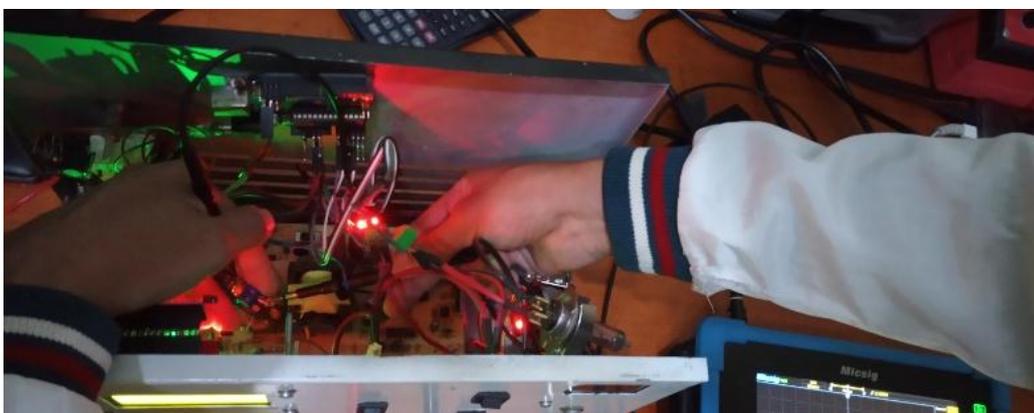


Figura 2.14 Comprobación de voltajes paracitos en el dispositivo

Como resultado de esta comprobación se evidenció que estas desprendían unos voltajes paracitos, los cuales creaban inestabilidad en las mediciones. Estos voltajes paracitos

ondeaban alrededor de 200 mV como se puede observar en la **Figura 2.15**. Este voltaje aumenta dependiendo de la cercanía con estas bobinas.

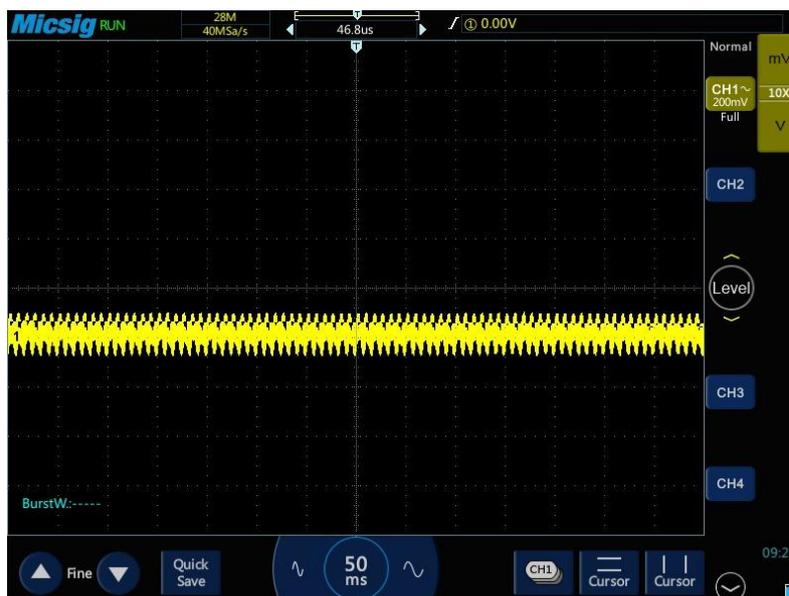


Figura 2.15 Resultado de la comprobación de voltajes paracitos

Para reducir el impacto de estos voltajes paracitos en las mediciones que realiza el dispositivo como se puede observar en la **Figura 2.16** se encerró varias de los componentes del dispositivo (placa Arduino, fuente conmutada, convertidor AC-DC y microcontrolador de voltaje) en cajas de acrílico forradas con aluminio. Todos los componentes aislados se los adhirió a la carcasa usando cinta doble fas. Luego de haber realizado esto se realizó nuevamente una prueba de funcionamiento del dispositivo. Como resultado de lo antes mencionado las mediciones que realiza el dispositivo se estabilizaron ya que el voltaje que arrojaban las bobinas de los componentes aislados se disminuyó significativamente.

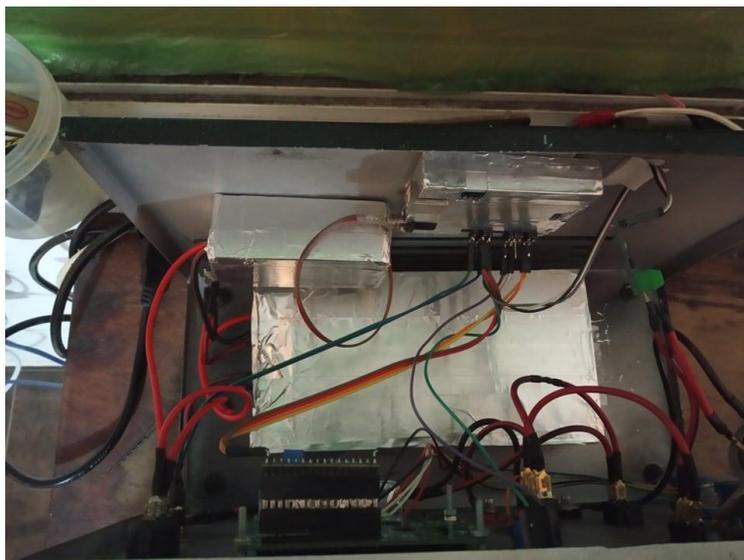


Figura 2.16 Aislamiento de los componentes que creaban interferencia

Una vez se verificó que el dispositivo realizara unas mediciones correctas, se analizó el comportamiento del dispositivo durante la carga, para así poder establecer el tipo de carga y descarga que este realiza. Existen varios métodos para realizar la carga de una batería, estos pueden clasificarse en función de en que puede variar la tensión y corriente durante el proceso de carga, ya sea a corriente constante o voltaje constante (Viera, 2003, pág. 69). De igual manera la descarga se la puede realizar ya sea a corriente constante o una corriente variable, esto dependerá del consumidor o carga que se le aplique.

2.1.4 Desarrollo de la metodología de desmontaje y diagnóstico

Como se puede observar en la **Figura 2.17**, se muestra el flujograma del proceso de desarrollo de la metodología de diagnóstico de una batería de alto voltaje.

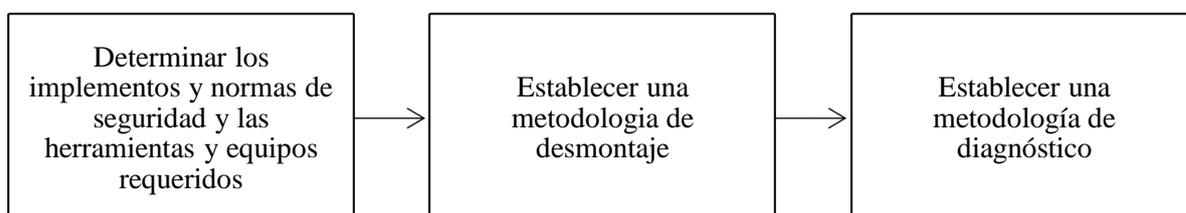


Figura 2.17 Flujograma del proceso desarrollo de la metodología de desmontaje y diagnóstico

2.1.4.1 Implementos de seguridad

Antes de ejecutar un trabajo de mantenimiento o corrección, es necesario usar el equipo de protección personal necesario. Por ellos se elaboró una tabla en la cual se indica que

implementos de seguridad son necesarios para poder realizar el desmontaje de la batería de alto voltaje de los vehículos híbridos y eléctricos con el fin de prevenir accidentes y lesiones graves. Esta tabla se la elaboro teniendo como referencia la página web de IBERISA SL, la cual habla sobre los implementos necesarios en un taller mecánico destinado a los vehículos híbridos y eléctricos.

2.1.4.2 Metodología de desmontaje

En lo que respecta al acceso y desmontaje de las baterías de alto voltaje, esta metodología se la realizo basándose en los manuales del vehículo Lexus GS450h y Toyota Prius, comparando estos dos manuales se logró establecer una metodología estándar, es decir que nos permite emplearla en cualquier tipo de vehículo ya sea híbrido o eléctrico, si bien no se da a detalle el número de pernos, tuercas y tornillos que hay que retirar para así poder extraer la batería de alto voltaje, nos sirve de referencia para poder realizar este desmontaje. Cada fabricante emplea diferentes formas de sujeción de esta batería, así mismo el número de elementos necesarios para esto, por ello si no se tiene experiencia, se recomienda buscar el manual del fabricante del vehículo que se vaya a diagnosticar.

2.1.4.3 Metodología de diagnóstico

Para el desarrollo de la metodología de diagnóstico, se realizó el diagnóstico de uno de los paquetes que forman parte de la batería de alto voltaje del vehículo Toyota High Lander, de esta manera se creó una guía paso a paso de uso del dispositivo construido en este trabajo. Se da a detalle los pasos a seguir en las dos funciones que este posee, como son la descarga y carga de los módulos de las baterías de alto voltaje.

Tabla 3.1 Identificación de los componentes de diagrama de conexiones

N°	Nombre
1	Conector trifásico de alimentación AC
2	Interruptor de accionamiento del dispositivo
3	Fuente conmutada
4	Convertidor AC-DC
5	Regulador de voltaje-amperaje XL4015
6	Multímetro amperímetro
7	Potenciómetro regulador de voltaje
8	Potenciómetro regulador de amperaje
9	Arduino UNO
10	Pulsador
11	Conector banana hembra positivo
12	Conector banana hembra negativo
13	Sensor de voltaje FZ0430
14	Interruptor de accionamiento de carga
15	Conmutador selector de funciones
16	Interruptor de accionamiento de la descarga
17	Sensor de amperaje ACS712
18	Foco consumidor
19	Modulo I2C
20	Pantalla LCD 16x4

El software hecho en la plataforma de programación de Arduino nos permite realizar con éxito el diagnóstico de los módulos en base a la resistencia interna, esto conlleva a que es capaz de medir voltajes y amperajes en la descarga para así poder realizar el cálculo de la misma. Con la programación realizada esta función se activa simplemente al activar el interruptor de descarga.

A su vez este dispositivo es capaz de realizar la carga de los módulos, esta función no necesita ser integrada en la programación, ya que es controlada por el microcontrolador de voltaje XL4015, que nos permite variar el voltaje dependiendo del módulo que se vaya a diagnosticar, regulando este voltaje con la perilla de voltaje, y también limitar la corriente de carga de cero hasta 5 amperios dependiendo de la posición de la perilla de amperaje.

3.2 Construcción del dispositivo

Se obtuvo un dispositivo que, si bien tiene varias funciones y componentes, es compacto, y tanto en el exterior como en el interior todos sus componentes están debidamente

organizados como se puede observar en la **Figura 3.2**. El dispositivo funciona conectado a una toma de alimentación de 110V o 220V de corriente alterna.

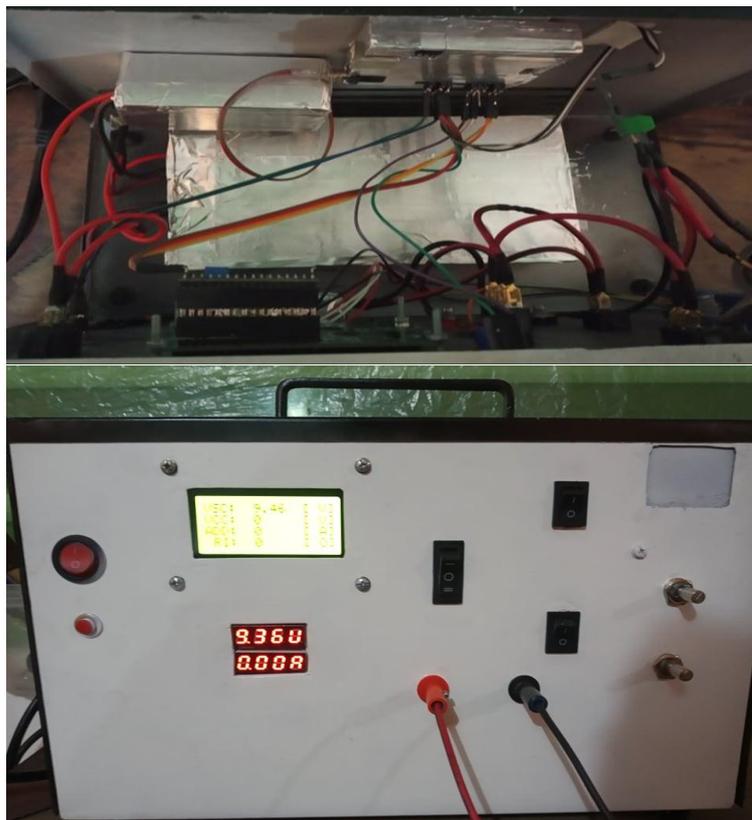


Figura 3.2 Construcción de dispositivo

El dispositivo fue construido de forma eficiente, es decir a bajo costo y con gran versatilidad. El costo de fabricación no supera los 200 dólares. En la **Tabla 3.1** se puede apreciar los componentes requeridos para la construcción del dispositivo, todos los componentes se pueden conseguir a nivel nacional y como se puede observar son de un precio accesible.

Tabla 3.2 Precio de los distintos componentes del dispositivo

Componente	Cantidad	Costo unitario	Total
Interruptor de dos posiciones	3	0,4	1,2
Conmutador de dos posiciones	1	0,8	0,8
Foco de 15 kW	1	15	15
LCD 16x4	1	10	10
Fuente conmutada	1	30	30
Convertidor AC-DC	1	5	5
Microcontrolador XL4015	1	10	10
Sensor de voltaje FZ0430	1	5	5
Sensor de amperaje ACS712	1	5	5
Potenciómetro multivuelta 10k	2	5	10
Pulsador	1	0,6	0,6
Cable de alimentación	1	5	5
Cables de protoboard	11	0,7	7,7
Arduino UNO	1	20	20
Carcasa	1	30	30
Modulo i2c	1	5	5
Conectores banana	4	1	4
Caimanes	2	0,5	1
Terminales	25	0,12	3
Funda termo retráctil	1	0,6	0,6
Cable numero 14	2	0,7	1,4
Otros	1	20	20
Costo total			190,3

En la **Figura 3.3** se puede apreciar las partes del panel de control del dispositivo donde cada componente tiene su respectivo nombre para así facilitar su manipulación.



Figura 3.3 Panel de control del dispositivo

3.3 Análisis de la validación del dispositivo

Para la validación de las mediciones que realizó el dispositivo se realizó una prueba de validación la cual se menciona en la sección 2.1.3., los resultados que se exponen a continuación. Como se puede observar en la **Tabla 3.3**, se tomó varias muestras de mediciones de voltaje, y se realizó la comparación entre las que realizó en multímetro y el dispositivo y estableciendo el margen de error expresado en porcentaje de cada una de estas. El margen de error no superó el 4%, y se obtuvo como margen de error promedio 2.1%.

Tabla 3.3 Verificación del margen de error de las mediciones de voltaje del dispositivo

Multímetro (V)	Dispositivo (V)	Margen de error (%)
9,66	9,65	1
8,59	8,57	2
8,1	8,08	2
7,99	7,96	3
7,52	7,5	2
7,02	7,01	1
6,95	6,94	1
6,51	6,47	4
6,04	6,01	3
Margen de error promedio		2,1

Al igual que en las mediciones de voltaje, se hizo el mismo procedentito en las mediciones de amperaje, tomando varias muestras de mediciones de amperaje durante la descarga de un módulos y teniendo como resultado los valores expuestos en la **Tabla 3.4**, como se puede apreciar el margen de error no supera el 4%, teniendo como margen de error promedio un 1.8%.

Tabla 3.4 Verificación del margen de error de las mediciones de amperaje del dispositivo

Multímetro (A)	Dispositivo (A)	Margen de error (%)
3,38	3,34	4
3,19	3,19	0
3,17	3,16	1
3,07	3,05	2
2,95	2,93	2
2,94	2,92	2
2,84	2,8	4
Margen de error promedio		1,88

La precisión básica normal de un multímetro digital está comprendida entre $\pm (0,7 \% + 1)$ y $\pm (0,1 \% + 1)$ de lectura o más (Fluke Corporation, 2014).

Respecto al tipo de carga y descarga que realiza el dispositivo se obtuvieron unas graficas del comportamiento tanto en la descarga como en la carga. Como se puede observar en la **Figura 3.4**, se aprecia que la descarga se realiza a un consumo de corriente que varía con el tiempo.

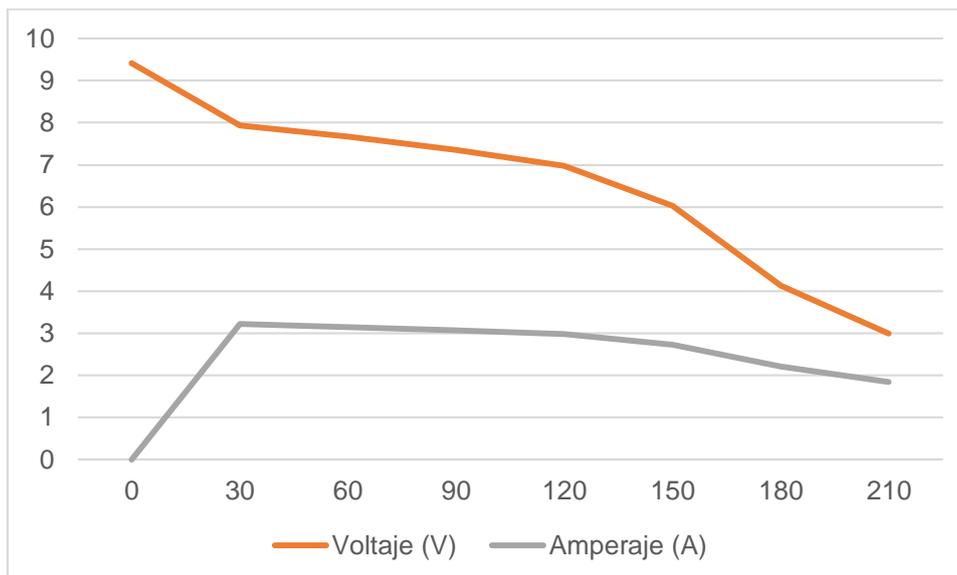


Figura 3.4 Comportamiento durante la descarga

En la **Figura 3.5** se puede observar la gráfica del comportamiento de la carga, que como se puede apreciar la carga se realiza a una corriente variable y a un voltaje constante, la carga inicia con un valor de corriente elevado y a medida que la batería se va cargando esta corriente va disminuyendo hasta que llega a cero cuando la batería se carga por completo. A diferencia de la corriente el voltaje de carga parcial de la batería va en aumento hasta que llega a su voltaje nominal.

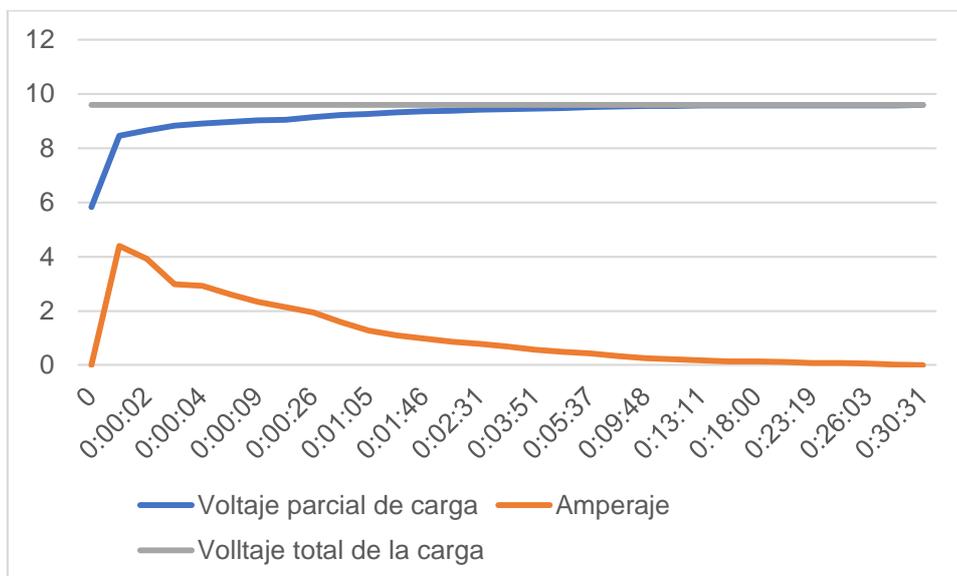


Figura 3.5 Comportamiento durante la carga

3.4 Metodología

3.4.1.1 Elementos, normas de seguridad, herramientas y equipos necesarios

Se dio a conocer tanto los implementos de seguridad y normas necesarios para salvo guardar la integridad del operador cuando se realice trabajos en vehículos híbridos y eléctricos en cualquiera de sus circuitos eléctricos. De igual manera se estableció las herramientas y equipos necesarios para realizar el desmontaje, diagnóstico y restauración de una batería de alto voltaje que se emplea en vehículos híbridos o eléctricos. Estas normas, implementos, herramientas y equipos se detallan en la **Tabla 2.3**.

Tabla 3.5 Elementos, normas de seguridad, herramientas y equipos necesarios

Concepto	Especificación	Observación
Implementos de seguridad	Guantes aislantes de clase 0	Tienen capacidad de 1000 voltios y eliminan riesgo de electrocutarse
	Gafas de protección	Cuidan la integridad visual en las raras ocasiones cuando los multímetros estallan debido a los altos voltajes y amperajes medidos
	Traje protector de cuerpo	Las baterías tienen un electrolito tóxico y estas sustancias pueden entrar en contacto con nuestro cuerpo durante el desmontaje restauración de la batería
Normas de seguridad	No trabajar con joyas en el cuerpo	Al trabajar con voltajes altos el uso de joyas aumenta la posibilidad de sufrir accidentes
	Herramientas de trabajo aisladas	Si no tienen mango plástico y entra en contacto con electricidad puede electrocutar al operador
Herramientas y equipos	Saca grapas	Permite retirar los seguros de las protecciones que cubren a la batería sin dañar su integridad.
	Multímetro	Debe ser de categoría II o III para poder comprobar el voltaje de los cables de alta tensión que viene desde el inversor luego de desconectarlos de la batería.
	Cinta aislante	Para aislar terminales de los cables y así reducir el riesgo de una fuga de corriente
	Banco de trabajo	Debe ser plástico ya que no es un materia conductor y reduce los riesgos de cortocircuitos o electrocutarse en caso de tener una fuga de corriente
	Juego de rachas con mango plástico	Para trabajar con seguridad con el voltaje de estos vehículos
	Dispositivo construido en este proyecto	Permite realizar un diagnóstico rápido más profundo del estado de cada módulo de una batería de alto voltaje

Fuente (IBERISA SL, 2017).

3.4.1.2 Metodología de desmontaje

Como resultado de la metodología de desmontaje se obtuvo el siguiente listado de pasos:

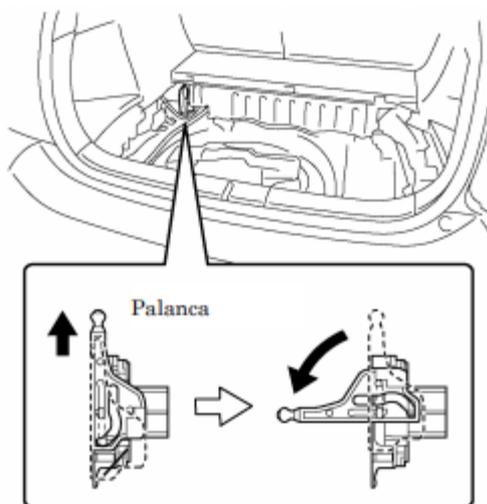
1. Antes de realizar el desmontaje de la batería se debe realizar un escaneo del vehículo, lo cual nos permitirá realizar una diagnóstico superficial de la batería sin haberla desmontado, si en este diagnóstico existen variaciones entre los módulos se procede a desmontar.
2. Colocarse los implementos de seguridad como son guantes aislantes de nitrilo, ropa adecuada de trabajo, en caso de usar joyas retirárselas y a pesar de que el riesgo de explosión es poco probable usar gafas de protección. Verificar que los guantes aislantes no tengan roturas o no estén mojados.
3. Apagar le interrupto de encendido y guardar el control uno mismo para evitar que alguien más pueda encender el vehiculó. Antes de empezar con el proceso esperar mínimo 10 minutos después de haber apagado el vehículo, ya que el sistema de alta tensión puede permanecer energizado durante este periodo de tiempo debido a que el circuito dispone de un condensador que almacena la electricidad.
4. En el caso de los vehículos eléctricos puros, asegurarse de que la compuerta del puerto de carga de alta tensión este cerrada para que nadie puede conectar el cardador y provocar algún accidente.
5. Desconectar el borne negativo de la batería auxiliar de 12 voltios y espera 10 minutos mínimo para operar, ya que es un tiempo prudente para que la energía procedente del inversor llegue por completo a la batería y por ende los cables de alta tensión se desenergicen.



(CORPORATION, 2004, pág. 10)

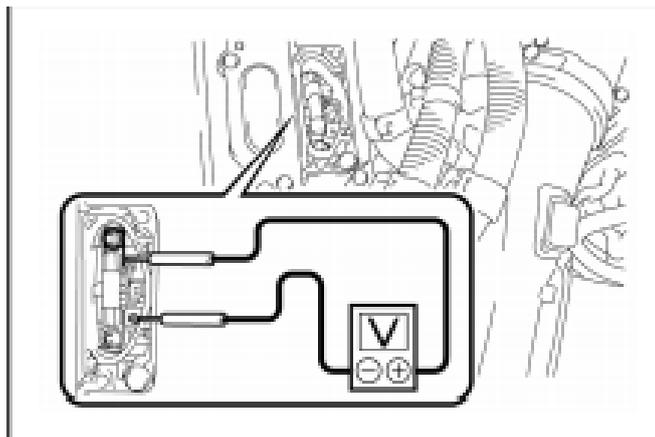
6. Desconectar el jumper de seguridad lo cual nos permite dividir el voltaje de todo el conjunto de la batería de alto voltaje, ya que corta en un punto la unión en serie de todos los módulos de la batería y procurar guardarlo uno mismo para evitar q alguien más lo instale mientras realiza trabajos en alguno de los sistemas. Puede variar el

número de jumper de seguridad pueden ser más de uno dependiendo del número de módulos o del vehículo. Si no se puede extraer el enganche de la toma de servicio porque el vehículo está dañado, quite el fusible del sistema alto voltaje que generalmente es de 20 A.



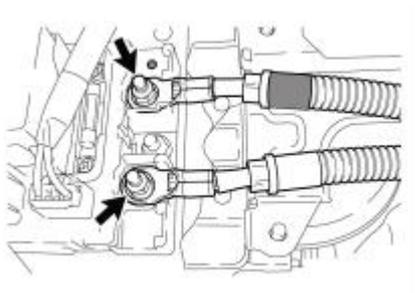
(Toyota Motor Corporation , 2004, pág. 15)

7. Retirar las protecciones que cubren la batería, los conductos de refrigeración y la protección metálica para tener acceso y poderla desmontar. Usar la herramienta apropiada como el sacagrapas plástico ya que este permite extraer dichas grapas de forma íntegra sin dañarlas, los dados de la medida correcta para evitar aislar las tuercas.
8. Compruebe si hay fugas en la batería del HV y alrededor de esta. Si se detecta líquido, puede que se trate de una fuga de electrolito alcalino, un material peligroso. A pesar de lo que los derrames del electrolito que poseen los módulos de las baterías de alto voltaje es poco probable ya que las placas internas absorben el mismo, usar de ácido bórico diluido o vinagre para neutralizar el derrame de electrolito. En caso de usar ácido bórico la proporción de mezcla es 800 gramos (5,5 onzas) de ácido bórico por 20 litros (1 galón) de agua.
9. Usando un multímetro categoría II medir la existencia de voltaje en los cables provenientes del inversor a la batería de alto voltaje, si existe voltaje no desconectar estos cables hasta que este voltaje se haga cero.



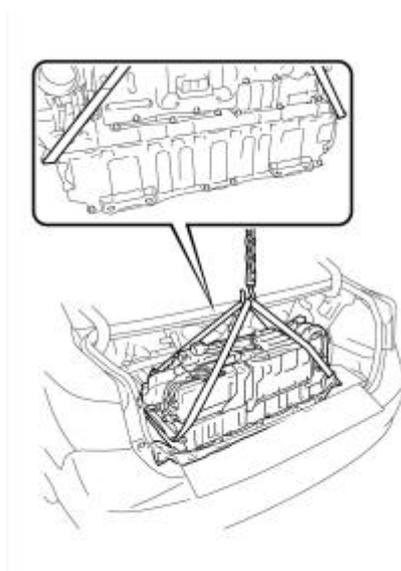
(TOYOTA MOTOR CORPORATION, 2012, pág. 21)

10. Desconectar los cables que conectan la batería de alto voltaje al inversor. Hacerlo usando los guantes aislantes para evitar riesgos de electrocutarse.



(TOYOTA MOTOR CORPORATION, 2012, pág. 26)

11. Extraer los pernos que fijan la batería a la carrocería usando la herramienta con mango plástico y extraer la batería procurando que no sufra golpes. Este tipo de baterías tiene un peso considerable por lo que es necesario un pluma hidráulica para poder extraerla.



(TOYOTA MOTOR CORPORATION, 2012, pág. 29)

12. Colocar la batería en el banco de trabajo plástico ya que al ser un materia aislante evitara que se energice en caso de haber una fuga de corriente.

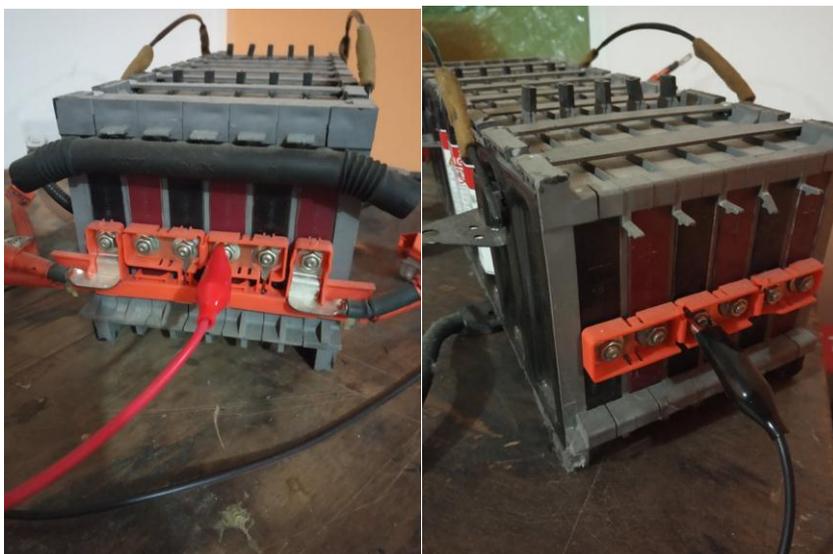
3.4.1.3 Metodología de diagnostico

Como resultado de la metodología de diagnóstico empelando el dispositivo creado en este trabajo se obtuvo el siguiente listado de pasos:

1. Encender el dispositivo usando el botón de encendido.



2. Conectar el módulo a diagnosticar al dispositivo construido en este proyecto mediante los conectores bananas hembra del dispositivo, los cables que poseen terminales baban macho en un extremo y caimanes en su otro extremo. Siempre respetar la polaridad.



3. Para realizar la carga, regular el voltaje nominal del módulo empleando la perilla de voltaje del dispositivo (1), colocar el selector de funciones en la posición de carga (2) y accionar el interruptor de carga (3). Cargar el módulo hasta su capacidad nominal, cuando este se cargue a su capacidad nominal el amperaje de carga deberá disminuir a cero. Cuando esto pase desactivar el interruptor de carga, colocar el selector de funciones en la posición neutral. La perilla de amperaje (4) deberá estar al máximo, para que así no se limite la corriente de carga, por ejemplo, el potenciómetro de amperaje es capaz de girar 20 vueltas si esta al máximo es decir las 20 vueltas la corriente que se entre será la máxima es decir 5 amperio y si el número de vueltas es menor por ejemplo 10 vueltas la corriente máxima que se podrá aportar será de 2.5 amperios. En la pantalla LCD verde (5) en VSC nos indicara el voltaje de carga parcial, es decir el voltaje mientras se carga el módulo. En la LCD roja (6) en la primera línea nos indicará el voltaje de carga total, es decir el voltaje al que deberá llegar cuando el módulo este cargado y en la segunda línea nos indicará el amperaje de carga.



4. Para realizar la descarga y verificación de la resistencia interna, colocar el funciones en la posición de descarga (1), accionar el interruptor de activación del consumidor (2), verificar el valor de resistencia interna que nos muestre en la pantalla LCD verde y anotarlo, luego descarga el módulo hasta el 80 de capacidad nominal y verificar el tiempo que se demoró en descargarse hasta ese punto y anotarlo. VSC nos indica el valor de voltaje inicial de la batería, VCC nos indica el valor de voltaje cuando se

accione el consumidor, ADD nos indica el valor de amperaje durante la descarga y RI nos indica el valor de resistencia interna.



5. Cargar nuevamente el módulo a su capacidad nominal siguiendo el paso 2 y esta vez verificar el tiempo de carga y anotarlo.
6. Finalmente reiniciar el dispositivo usando el botón de reset antes de iniciar el diagnóstico de otro modulo.



Este proceso se repite con todos los módulos del paquete de la batería de alto voltaje, una vez realizado esto se compara tiempos de descarga, valores de resistencia interna y tiempos de carga. Si todos los módulos están en buen estado los tiempos de carga, descarga y valor de resistencia interna deberán ser los mismos. Además, el valor de resistencia debería estar entre los rangos permitidos si este módulo está en buen estado, si supera estos rangos este ya debería de estar disminuyendo su tiempo de vida útil.

3.4.1.4 Diagnóstico de un paquete de módulos de la batería del vehículo Toyota High Lander

Se realizó el diagnóstico de 6 módulos de la batería del vehículo High Lander y los resultados de este del diagnóstico realizado se exponen en la **Tabla 3.5**.

Tabla 3.6 Resultados del diagnóstico del paquete de 6 módulos de la batería vehículo del Toyota High Lander

N° módulo	Resistencia interna	Tiempo de descarga	Tiempo de carga
1	454,5	0:00:01	0:05:40
2	102,27	0:10:41	0:23:00
3	204,25	0:00:02	0:13:00
4	114,6	0:02:00	0:21:00
5	130,6	0:00:12	0:11:00
6	402,6	0:00:01	0:07:09

Se puede apreciar que de los 6 módulos diagnosticados tres de ellos tiene una resistencia interna superior a los 200 mΩ, estos mismo módulos son los que poseen tiempos de descarga excesivamente cortos que no superan los 2 segundos, y los tiempos de carga de estos de igual manera son cortos, que no superan los 15 minutos. De los módulos diagnosticados existen 1 un módulos que posee una resistencia interna de 130.6 mΩ, este a pesar de tener un valor de resistencia interna inferior a los tres antes mencionados sus tiempos de carga y descarga son iguales. Y los dos módulos restantes que presentan valores de resistencia interna inferior a los 114 mΩ si poseen tiempos de descarga considerables que están entre los 2 y 10 minutos, además que sus tiempos de carga son altos, y relacionando el tiempo de carga con la cantidad de corriente que se le proporciono durante este proceso si se cargaron correctamente a diferencia de los 4 módulos antes mencionados. Si bien los valores de resistencia interna que se obtuvo del diagnóstico no se encuentran en los rangos que se es establecieron en la **Tabla 2.2**, este rango tampoco lo exceden. Con el dispositivo construido los valores de resistencia interna que indicarían que un módulo este en correcto estado no debería superar los 100 mΩ, ya que como se observa en la **Tabla 3.5**, los módulos que poseen un valor superior a este poseen un tiempo de carga y descarga menor al módulo que si está cerca a los 100 mΩ.

CAPITULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se concluyo que las bobinas son potenciales fuentes de ruido, el cual en el caso de realizar mediciones de voltajes mediante microcontroladores como el Arduino provocaron variación en las lecturas de sus pines análogos.
- Se construyo un dispositivo que nos permite realizar la carga de los módulos de batería de las baterías de alto voltaje, se puede regular el voltaje de carga de 1.28V a 24V y una corriente regulable de salida de 0A a 5A. La descarga se realiza mediante un foco de 55W que hace que descargue los módulos a una corriente variable.
- El dispositivo permitió realizar el diagnostico en base a la resistencia interna de los módulos y también en base a los tiempos de descarga y carga de los mismos.
- Se desarrollo una metodología de desmontaje estándar que puede ser aplicada en cualquier vehículo ya se hibrido o eléctrico, además de establecer los implementos de seguridad necesarios para esta actividad.
- Los módulos que presentaron un valor de resistencia interna más elevado (superior a los 100 mΩ) presentaron tiempos de carga y descarga menores.

4.2 Recomendaciones

- Para reducir el ruido creado por los bobinados es recomendable encerrar las placas electrónicas o cualquier elemento que contenga algún bobinado en cajas metálicas con su respectivo cable de descarga a tierra.
- Un consumidor de 55W descarga a la batería a un consumidor variable, por lo cual se recomienda implementar otro tipo de consumidor que provoque un consumo de corriente constante como una resistencia de potencia de aproximadamente 25W y que esta sea refrigerada por un ventilador para mantener estable su temperatura.
- Si se cambia el consumidor por uno que descargue la batería a menos d 3 amperios se recomienda emplear el sensor de voltaje amperaje MAX 471 para optimizar costos y eficiencia en cuanto a componentes de lectura de señales ya que este nos permite medir voltajes de 0V a 24V y amperajes de hasta 3 amperios.

5 Bibliografía

- AEADE. (2019). *AUTOMOTIVE SECTOR IN FIGURES*. Quito: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador.
- Automotive Technical Projects, S. L. (2012). *VEHICULOS HIBRIDOS DIAGNOSIS Y FUNCIONAMIENTO*. Catalunya: Consorci per a la Formació Continua de Catalunya.
- Carrasco, I. (2009). *Scribd*. Obtenido de Fabricación de baterías de litio: <https://es.scribd.com/doc/22631266/BATERIAS-DE-LITIO>
- Castro. (26 de Marzo de 2014). *Auto Avance*. Obtenido de Componentes de Vehículos Híbridos: La Batería HV: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/184-componentes-de-vehiculos-hibridos-la-bateria-hv>
- CCA, C. (2015). *Manejo ambientalmente adecuado de baterías para vehículos de propulsión eléctrica al final de su vida útil en América del Norte*. Montreal-Canada: Comcion para la Cooperacion Ambiental.
- Chuquimarca , S., & Suin , K. (2017). *DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA BATERÍA DE ALTO VOLTAJE PARA UN VEHÍCULO DE COMPETENCIA TIPO FORMULA SAE ELÉCTRICO*. Cuenca-Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca.
- CORPORATION, T. M. (2004). *MANUAL DE DESGUACE DE LA BATERIA DEL HV serie NHW20*.
- Cuesta , C. G. (2017). *Caracterización del tren de potencia de un vehículo eléctrico de categoría L7 tipo Smart*. Barcelona-España: Universidad Politécnic de Cataluña.
- D.M.T, D. (26 de Enero de 2017). *gob.mx*. Obtenido de VEHÍCULO HÍBRIDO: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187220/vehiculohibrido_1_260117.pdf
- De la Herrán, J. (2014). *El auto eléctrico: una solución apremiante*. Mexico Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Duque, D., & Rocano, J. (2018). *DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO MEDIANTE CICOS CONTROLADOS*. Cuenca-Ecuador : UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA .
- Escudero, S., Gonzales, J., Rivas , J., & Suarez, A. (2009). *Motores*. Macmiillan Iberia S.A.
- Ferrer, D. (2011). *Circuito para la medición de la carga y la salud de baterías*. Catalunya: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA.
- Fluke Corporation. (2014). *Conceptos básicos de los multímetros digitales*. Madrid: Fluke Ibérica, S.L.
- Gómez , F., & Hidalgo , D. (2014). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS GENÉRICO, PARA REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BATERÍAS HÍBRIDAS*. Latacunga: Universidad de las Fuerzad Armadaas ESPE.
- Gómez Gélvez, J., Hernán Mojica , C., Kaul, V., & Isla , L. (2016). *La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina*. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de

- <https://webimages.iadb.org/publications/spanish/document/La-incorporaci%C3%B3n-de-los-veh%C3%ADculos-el%C3%A9ctricos-en-Am%C3%A9rica-Latina.pdf>
- Hofmann, P. (2014). *Hibridfahrzeuge. Ein alternatives Antriebssystem für die Zukunft* (2 ed.). Springer-Verlag Viena. doi:10.1007 / 978-3-7091-1780-4
- Hyundai Motor Company. (2017). *MANUAL DEL PROPIETARIO Hyundai IONIQ*.
- Iberdrola, S.A. (2019). *IBERDROLA*. Obtenido de https://www.iberdrola.com/wcorp/gc/prod/es_ES/sostenibilidad/docs/Vehiculo_tipologia_caracteristicas.pdf
- IBERISA. (1 de noviembre de 2017). *EL BLOG DEL TALLER MECANICO*. Obtenido de <https://iberisasl.com/blog/preparado-taller-vehiculos-hibridos-y-electricos/>
- IEA;. (2019). *Global EV Outlook 2019*. Paris: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Obtenido de Global EV Outlook 2019: www.iea.org/publications/reports/globalevoutlook2019/ .
- Martínez, J. A. (2013). *VEHÍCULO ELÉCTRICO: ANÁLISIS Y PROSPECTIVA DE FACTORES TECNOLÓGICOS Y ECONÓMICOS*. VALLADOLID: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID.
- MIT Electric Vehicle Team. (2008). *MIT Massachusetts Institute of Technology*. Obtenido de A Guide to Understanding Battery Specifications: http://web.mit.edu/evt/summary_battery_specifications.pdf
- Morente Fernández , C. (2015). *ANÁLISIS Y MODELADO DEL COMPORTAMIENTO DE BATERÍAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS* . Leganés: Universidad Carlos III de Madrid.
- Murillo , P. (2014). *CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE DIAGNÓSTICO Y CARGA PARA MANTENIMIENTO DE BATERÍAS DE AUTOS HÍBRIDOS*. Quito-Ecuador: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL.
- Peña, C. (2011). *ESTUDIO DE BATERÍAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS*. Madrid-España: UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID.
- RADIO ATALAYA. (5 de 9 de 2018). *RADIO ATALAYA*. Obtenido de VEHÍCULOS HÍBRIDOS PAGARÁN 12% DE IMPUESTOS.: <https://radioatalaya.net/vehiculos-hibridos-pagaran-12-de-impuestos/>
- RC MICROELECTRÓNICA, S.A. (2014). *ventas@rcmicro.es*. Obtenido de Baterías Recargables de Litio Ión Laminado: <http://www.rcmicro.es/newsletter/MAXELL-Litio-Ion-Laminado-LIB.html>
- Romo , L., & Hidalgo, P. (2013). *DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN TÉRMICO-ELECTRONICO DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO*. Cuenca-Ecuador: Universidad de Azuay.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (22 de 09 de 2017). *Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo*. Obtenido de http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_OK.compressed1.pdf
- STA, S. d. (2011). *El vehículo eléctrico. Desafíostecnológicos, infraestructuras y oportunidades de negocio*. Barcelo-España: LIBROOKS BARCELONA, S.L.L.

- SUDOE. (28 de Abril de 2011). *SUDOE*. Obtenido de GT2 - SUBSISTEMAS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO E IMPLEMENTACIONES DE LA IMPLANTACIÓN: <http://4.interreg-sudoe.eu/ESP/f/138/57/Green-Car-Eco-Design/Los-proyectos-aprobados/Eco-Design-for-Eco-Innovation--the-Green-Car-case>
- Toyota Motor Corporation . (2004). *Toyota-Tech.eu*. Obtenido de MANUAL DE DESGUACE DE LA BATERIA DEL HV: https://www.toyota-tech.eu/HYBRID/HVDM/ES/Prius_ES.pdf
- TOYOTA MOTOR CORPORATION. (2012). *MANUAL DE DESGUACE DEL VEHICULO HIBRIDO serie GWL10*.
- Trejo, L. (5 de 5 de 2018). Baterías marcan ritmo en el mercado de autos eléctricos. *EL ECONOMISTA*. Obtenido de <https://www.economista.com.mx/empresas/Baterias-marcan-ritmo-en-el-mercado-de-autos-electricos-20180505-0023.html>
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY . (Agosto de 2015). *Energy Efficiency & Renewable Energy*. Obtenido de https://afdc.energy.gov/files/u/publication/hpev_spanish.pdf
- Universidad de la Republica. (2012). *Hacia un transporte automotor racional y eficiente: Autos Híbridos y Eléctricos*. Montevideo-Uruguay : Universidad de la República .
- Viera , J. (2003). *CARGA RAPIDA DE BATERIAS DE Ni-Cd Y Ni-MH DE MEDIA Y GRAN CAPACIDAD. ANALISIS, SINTESIS Y COMPRACION DE NUEVOS METODOS*. Gijon: Universidad de Oviedo.
- Villafáfila , R., Peña , D., & Cros , L. (2008). Almacenamiento energía. *Baterías para Aplicaciones Estacionarias*. Barcelona-España: Universida Politencia de Catalunya.
- Villafáfila, R., Peña, D., & Cros , L. (sf). *Baterías para Aplicaciones Estacionarias*. Barcelona: Centro de Innovación Tecnológica en Convertidores Estáticos y Accionamientos (CITCEA).
- Zackrisson, M., Avellán, L., & Orlenius, J. (11 de 2010). Life cycle assessment of lithium-ion batteries for plug-in hybrid electric vehicles – Critical issues. *Journal of Cleaner Production*, 1519-1529. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.06.004>

Anexos

Anexo I

Código de funcionamiento del dispositivo

```

#include<Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd1(0x26,16,4);

//valor de la constante de sensibilidad del
//sensor de corriente
float k1=-0.061;

void setup()
{
  lcd1.backlight();
  lcd1.init();

  lcd1.setCursor(1,0);
  lcd1.print("DIAGNOSTICO DE");
  lcd1.setCursor(3,1);
  lcd1.print("MODULOS DE ");
  lcd1.setCursor(-1,2);
  lcd1.print("BATERIA DE ");
  lcd1.setCursor(-2,3);
  lcd1.print("ALTO VOLTAJE");

  delay(3000);

  lcd1.init();
}

void loop(){
  //variables para la lectura del pin analogo 3
  float vin3,v3,v33=0;
  for(int i=1;i<1000;i++)
  //formulas para la lectura del voltaje del pin
  //analogo 3
  { v3=analogRead(2);
    v33=v3+v33;}
  v3=v33/1000;
  v33=0;
  vin3=fmap((v3),0,1023,0.0,5.0);

  //variables para el calculo del Vsc
  float vin1,voff,vof,v1;

```

```

//formulas del calculo del Vsc
    v1=analogRead(0);
    vin1=fmap((v1),0,1023,0.0,25.0);
    vof=vin1;//

//variables para el calculo del Vcc
    float v5,vin5,von;
//formulas del calculo del Vcc
    v5=analogRead(0);
    vin5=fmap((v5),0,1023,0.0,25.0);
    von=vin5+0.02;

//variables necesarias para el calculo de Add
    float vss0,vr,a,amp,vss00=0;
    for(int i=1;i<1000;i++)
//formulas para el calculo del Add
        { vss0=analogRead(1);
          vss00=vss0+vss00;}
        vss0=vss00/1000;
        vss00=0;
        vr=vss0*(5/1023.0);
        amp=(((vr-2.5)/k1)*(-1));
        a=amp-0.05;

if(analogRead(0)==0 )
    {
        //Voff
        lcd1.setCursor(0,0);
        lcd1.print("VSC:");
        lcd1.setCursor(6,0);
        lcd1.print(0);
        lcd1.setCursor(12,0);
        lcd1.print("[ V]");

        //Von
        lcd1.setCursor(0,1);
        lcd1.print("VCC:");
        lcd1.setCursor(6,1);
        lcd1.print(0);
        lcd1.setCursor(12,1);
        lcd1.print("[ V]");

        //I

```

```

lcd1.setCursor(-4,2);
lcd1.print("ADD:");
lcd1.setCursor(2,2);
lcd1.print(0);
lcd1.setCursor(8,2);
lcd1.print("[ A]");

//Ri
lcd1.setCursor(-3,3);
lcd1.print("RI:");
lcd1.setCursor(2,3);
lcd1.print(0);
lcd1.setCursor(8,3);
lcd1.print("[ O]");}

if(analogRead(0)>0 && amp<=-0.1)
{
  voff=vof;
  //Voff
  lcd1.setCursor(0,0);
  lcd1.print("VSC:");
  lcd1.setCursor(6,0);
  lcd1.print(voff);
  lcd1.setCursor(12,0);
  lcd1.print("[ V]");

  //Von
  lcd1.setCursor(0,1);
  lcd1.print("VCC:");
  lcd1.setCursor(6,1);
  lcd1.print(0);
  lcd1.setCursor(12,1);
  lcd1.print("[ V]");

  //I
  lcd1.setCursor(-4,2);
  lcd1.print("ADD:");
  lcd1.setCursor(2,2);
  lcd1.print(0);
  lcd1.setCursor(8,2);
  lcd1.print("[ A]");

  //Ri
  lcd1.setCursor(-3,3);
  lcd1.print("RI:");
  lcd1.setCursor(2,3);

```

```

lcd1.print(0);
lcd1.setCursor(8,3);
lcd1.print("[ O]");}

if(amp>-0.1){
  {
    if(vin5>0)
    {
      //Von
      lcd1.setCursor(0,1);
      lcd1.print("VCC:");
      lcd1.setCursor(6,1);
      lcd1.print(von);
      lcd1.setCursor(12,1);
      lcd1.print("[ V]");}

      //I
      if(a<1)
      {
        lcd1.setCursor(-4,2);
        lcd1.print("ADD:");
        lcd1.setCursor(2,2);
        lcd1.print(a);
        lcd1.setCursor(8,2);
        lcd1.print("[mA]");}

      if(a>1)
      {
        lcd1.setCursor(-4,2);
        lcd1.print("ADD:");
        lcd1.setCursor(2,2);
        lcd1.print(a);
        lcd1.setCursor(8,2);
        lcd1.print("[ A]");}}

//variables para el calculo del Ri
float ri;
//Formula para el calculo de Ri
ri=(voff-von)/a;
if(ri<1){
  //Ri
  lcd1.setCursor(-3,3);
  lcd1.print("RI:");
  lcd1.setCursor(2,3);
  lcd1.print(ri*1000,2);
  lcd1.setCursor(8,3);

```

```
lcd1.print("[mO]");}
if(ri>1){
lcd1.setCursor(-3,3);
lcd1.print("RI:");
lcd1.setCursor(2,3);
lcd1.print(ri,2);
lcd1.setCursor(8,3);
lcd1.print("[ O]");}

}
}

// cambio de escala entre floats
float fmap(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float out_max)
{
return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;
}
```