



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE CARGA (SOC) Y DE
DESCARGA (DSOC) DE LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN PARA
ESTIMAR SU EFICIENCIA Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL A TRAVÉS DE UN
MÓDULO DE CORRIENTE CONSTANTE”**

**AUTORES: MALDONADO SOLANO, EDISON PAUL
MARTÍNEZ TAPE, CARLOS FRANCISCO**

DIRECTOR: ING. ERAZO LAVERDE, WASHINGTON GERMAN

LATACUNGA

2018



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE CARGA (SOC) Y DE DESCARGA (DSOC) DE LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN PARA ESTIMAR SU EFICIENCIA Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL A TRAVÉS DE UN MÓDULO DE CORRIENTE CONSTANTE**” fue realizado por los señores **Edison Paul Maldonado Solano** y **Carlos Francisco Martínez Taipe**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 03 de agosto del 2018

Firma:

.....
Ing. Washington Germán Erazo Laverde
C. C.: 050143263-7



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, ***Maldonado Solano, Edison Paul y Martínez Taípe, Carlos Francisco***, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“Investigación del proceso de carga (SOC) y de descarga (DSOC) de las baterías de alta tensión para estimar su eficiencia y tiempo de vida útil a través de un módulo de corriente constante”*** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 03 de agosto del 2018

Firma:

Edison Paul Maldonado Solano

C. C.: 1722169321

Firma:

Carlos Francisco Martínez Taípe

C. C.: 0503339848



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Maldonado Solano, Edison Paul y Martínez Taipe, Carlos Francisco**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Investigación del proceso de carga (SOC) y de descarga (DSCO) de las baterías de alta tensión para estimar su eficiencia y tiempo de vida útil a través de un módulo de corriente constante”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 03 de agosto del 2018

Firma:

Edison Paul Maldonado Solano

C. C.: 1722169321

Firma:

Carlos Francisco Martínez Taipe

C. C.: 0503339848

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación principalmente a mis padres Susana Solano y Luis Maldonado por permitirme cumplir con mi meta planteada, por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles y por sus consejos para tomar cualquier decisión.

A mi hermano Jhoel que a su corta edad me ha enseñado muchas cosas buenas y me ha dado muchos ánimos para seguir adelante.

A toda mi familia por siempre preocuparse por mi situación e incentivarme para ser una mejor persona llevando conmigo siempre la humildad.

A mi mejor amigo Alex, que me enseñó el significado de la amistad y estuvo conmigo en los mejores y peores momentos.

Edison Paul Maldonado Solano

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres, Yolanda y Alberto, por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida y a mis hermanos, Marco, Miriam, Anita y Delia, que siempre supieron brindarme las palabras correctas para seguir adelante.

Carlos Francisco Martínez Taipe

AGRADECIMIENTO

Este trabajo va dedicado a mis padres Susana Solano y Luis Maldonado que me inculcaron desde niño a la humildad y bondad, me enseñaron a ser responsable y perseverante y me apoyaron en todo lo necesario para mantenerme en el camino a conseguir mi título universitario.

A todos mis familiares quienes se preocuparon por mí que me brindaron consejos, me daban apoyo emocional y me felicitaban por mantenerme en el camino a mis metas.

A todos mis amigos, que me enseñaron varias cosas, me apoyaron en momentos difíciles, me hacían olvidar de los problemas y me daban mucho ánimo.

Finalmente, a todas las personas que he conocido en mi etapa universitaria, de las que he aprendido algo de cada uno de ellos con lo que me sirvió y me servirá en un futuro.

Edison Paul Maldonado Solano

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y familiares que han sabido guiarme a lo largo de los años y a mi novia por ser una persona incondicional.

Carlos Francisco Martínez Taipe

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARATULA

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xxii
RESUMEN.....	xxiii
ABSTRACT.....	xxiv

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO DE LA “INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE CARGA (SOC) Y DE DESCARGA (DSOC) DE LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN PARA ESTIMAR SU EFICIENCIA Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL A TRAVÉS DE UN MÓDULO DE CORRIENTE CONSTANTE”

1. Generalidades.....	1
1.1. Antecedentes investigativos.....	1
1.2. Planteamiento del problema	3
1.2.1. Árbol de problemas.....	4
1.3. Descripción resumida del proyecto	5

1.4.	Justificación e importancia	x
1.5.	Objetivos	6
1.5.1.	Objetivo general	7
1.5.2.	Objetivos específicos	7
1.6.	Metas	8
1.7.	Hipótesis	8
1.8.	Operacionalización de variables	8
1.8.1.	Variable dependiente	8
1.8.2.	Variable independiente	9
1.9.	Metodología de desarrollo del proyecto	10

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Introducción	14
2.2.	Arquitectura de los vehículos híbridos	15
2.2.1.	Híbridos en serie	16
2.2.2.	Híbridos en paralelo	20
2.2.3.	Híbridos combinados o mixtos	22
2.3.	Componentes del vehículo híbrido.....	24
2.3.1.	Motor de combustión interna.....	24
2.3.2.	Motor generador 1	26

	xi
2.3.3. Motor generador 2	27
2.3.4. Inversor	28
2.4. Batería	30
2.4.1. Baterías de alto voltaje HV	31
2.4.2. Batería HV Toyota Prius.	33
2.4.3. Batería HV del Toyota Highlander.	35
2.4.4. Batería híbrida del Ford Escape.	36
2.5. Gestión de la batería.....	37
2.5.1. Tasa de carga y descarga.....	38
2.5.2. Auto descarga	39
2.5.3. Impedancia interna	39
2.6. Clasificación.....	39
2.6.1. Funcionamiento básico	40
2.6.2. Batería Ni-MH	40
2.7. Reciclaje de baterías.....	43
2.8. Procesos de recuperación	46
2.9. Analizador de baterías computarizado.....	46
2.9.1. Capacidades	46
2.9.2. Pruebas rápidas y de alta potencia	48
2.9.3. Precisión para aplicaciones exigentes	48
2.9.4. Software estándar para el análisis de datos	49

CAPÍTULO III

DISEÑO DE MODULOS DE CORRIENTE CONTINUA PARA CELDAS INDIVIDUALES Y BATERIAS COMPLETAS

3.	Levantamiento de requerimientos para el módulo de corriente continua	50
3.1.	Datos iniciales.....	50
3.2.	Análisis del módulo de la batería de alta tensión del vehículo Toyota Prius.....	51
3.3.	Circuitos del módulo de corriente continua para una batería completa.....	51
3.4.	Funcionamiento del circuito del módulo de carga para baterías de 150 v.	52
3.4.1.	Cálculo para la selección de elementos eléctricos.....	52
3.5.	Funcionamiento del circuito del módulo de corriente continua para baterías de hasta 20v.	61
3.5.1.	Funcionamiento del circuito del módulo de corriente continua para baterías de hasta 20 v.	61
3.5.2.	Descripción del funcionamiento	62
3.5.3.	Procedimiento para implementar los circuitos en una placa de baquelita.....	63
3.6.	Ecualizador de baterías	65
3.6.1.	Levantamiento de requerimientos para el diseño del ecualizador	65
3.6.2.	Cálculos de las dimensiones del ecualizador de módulos de una batería HV	66
3.7.	Determinación del estado de carga SOC de la batería	72
3.8.	Determinación del estado de descarga DSOC de la batería.....	73

CAPÍTULO IV**PROTOCOLO DE PRUEBAS**

4.	Protocolo de pruebas en baterías de Níquel – Hidruro Metálico.....	75
4.1.	Carga de baterías de Níquel – Hidruro Metálico	75
4.2.	Descripción de la prueba del módulo T1.....	78
4.2.1.	Prueba de carga	78
4.2.2.	Prueba de descarga.....	79
4.3.	Descripción de la prueba del módulo T2.....	81
4.3.1.	Prueba de carga	81
4.3.2.	Prueba de descarga.....	82
4.4.	Descripción de la prueba del módulo T3.....	83
4.4.1.	Prueba de carga	83
4.4.2.	Prueba de descarga.....	84
4.5.	Descripción de la prueba del módulo T4.....	85
4.5.1.	Prueba de carga	85
4.5.2.	Prueba de descarga.....	86
4.6.	Descripción de la prueba del módulo T0.....	87
4.6.1.	Prueba de carga	87
4.6.2.	Prueba de descarga.....	88
4.7.	Protocolo de pruebas de un módulo unitario.....	89
4.8.	Carga de módulo de batería.	91

4.9. Descarga de módulo de batería	xiv
4.9. Descarga de módulo de batería	92
4.10. Descarga de módulo en buen estado de Níquel – Hidruro Metálico	95

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES REALIZADAS.

5. Pruebas y análisis de resultados.	97
5.1. Análisis de módulos de batería de alta tensión	97
5.1.1. Análisis de voltajes de módulos con respecto al tiempo de carga	98
5.1.2. Valores de voltajes al final de la carga	99
5.1.3. Valores de tiempo al final de la descarga	99
5.1.4. Determinación de la eficiencia de los módulos	101
5.1.5. Análisis de aumento de vida útil en la celda	104

CAPÍTULO VI

MARCO ADMINISTRATIVO

6.1. Recursos.....	106
6.1.1. Recursos humanos	106
6.1.2. Recursos materiales	106
6.1.3. Recursos tecnológicos.....	107
6.2. Costo neto del proyecto	108

CONCLUSIONES.....	109
--------------------------	------------

RECOMENDACIONES.	111
------------------------------	------------

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS xv
ANEXOS 112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Variable dependiente: Eficiencia y tiempo de vida útil de la batería HV</i>	9
Tabla 2 <i>Variable independiente: Procesos de carga y descarga de las baterías HV</i>	9
Tabla 3 <i>Metodología, instrumentación y laboratorios a utilizar</i>	12
Tabla 4 <i>Datos iniciales de la batería HV del vehículo Toyota Prius</i>	50
Tabla 5 <i>Dimensiones del módulo de la batería HV</i>	66
Tabla 6 <i>Valores de voltaje de carga módulo T1</i>	78
Tabla 7 <i>Valores de voltaje de descarga módulo T1</i>	80
Tabla 8 <i>Valores de voltaje de carga módulo T2</i>	81
Tabla 9 <i>Valores de voltaje de descarga módulo T2</i>	82
Tabla 10 <i>Valores de voltaje de carga módulo T3</i>	83
Tabla 11 <i>Valores de voltaje de descarga módulo T3</i>	84
Tabla 12 <i>Valores de voltaje de carga módulo T4</i>	85
Tabla 13 <i>Valores de voltaje de descarga módulo T4</i>	86
Tabla 14 <i>Valores de voltaje de carga módulo T0</i>	87
Tabla 15 <i>Valores de voltaje de descarga módulo T0</i>	88
Tabla 16 <i>Tiempo total de descarga de módulos</i>	99
Tabla 17 <i>Recursos Humanos</i>	106
Tabla 18 <i>Recursos Materiales</i>	107
Tabla 19 <i>Recursos Tecnológicos</i>	107

Tabla 20 *Costo Neto del Proyecto* xvii
108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Árbol de problemas.....	4
Figura 2 Metodología de desarrollo del proyecto.....	10
Figura 3 Configuración en serie de un vehículo híbrido.....	17
Figura 4 Disposición de elementos en vehículo híbrido serie	19
Figura 5 Configuración de vehículo híbrido en paralelo.....	20
Figura 6 Configuración en paralelo.....	21
Figura 7 Configuraciones de vehículos híbridos	22
Figura 8 Configuración de vehículo híbrido mixto	24
Figura 9 Ciclos de trabajo del motor de combustión interna	25
Figura 10 Comparación de ciclos de trabajo del MCI	26
Figura 11 Moto generadores del sistema híbrido.....	27
Figura 12 Inversor Prius C sport.....	30
Figura 13 Comprobación del estado de la batería y medición de voltaje.....	32
Figura 14 Sensores de temperatura	33
Figura 15 Batería HV Toyota Prius.....	33
Figura 16 Simulación batería Toyota Prius	34
Figura 17 Simulación batería Toyota Highlander.....	35
Figura 18 Batería HV Toyota Highlander.....	35
Figura 19 Simulación batería Ford Escape.....	36

Figura 20 Batería HV Ford Escape.....	37
Figura 21 Proceso de carga y descarga de una batería	37
Figura 22 Esquema de funcionamiento de una batería	40
Figura 23 Batería de un vehículo eléctrico.....	41
Figura 24 Analizador de baterías computarizado	47
Figura 25 Circuito de carga normal.....	54
Figura 26 Reducción y resolución de circuito	55
Figura 27 Reducción y resolución de circuito	56
Figura 28 Configuración del circuito para una carga rápida.....	57
Figura 29 Resolución de las resistencias en paralelo del circuito.....	58
Figura 30 Circuito del cargador de baterías HV de 150 V	60
Figura 31 Circuito 3D del cargador de baterías HV de 150 V	61
Figura 32 Circuito Darlington	62
Figura 33 Procedimiento de grabado de los circuitos en la placa de baquelita	64
Figura 34 Placa de baquelita con circuito de módulo de carga (baterías de 150 V)	64
Figura 35 Módulo de carga para baterías HV de 150 voltios.....	65
Figura 36 Simulación de las dimensiones de un módulo de la batería HV	66
Figura 37 Distribución de la carga en el riel del ecualizador.....	70
Figura 38 Diagrama de fuerzas en el riel del ecualizador.....	70
Figura 39 Diagrama de momentos en el riel del ecualizador.....	71
Figura 40 Ecualizador de módulos de batería HV	71

	xx
Figura 41 Módulo individual de batería	75
Figura 42 Prueba de carga y descarga en módulo unitario	77
Figura 43 Proceso de carga del módulo T1	79
Figura 44 Proceso de descarga del módulo T1	80
Figura 45 Proceso de carga del módulo T2	81
Figura 46 Proceso de descarga del módulo T2	82
Figura 47 Proceso de carga del módulo T3	83
Figura 48 Proceso de descarga del módulo T3	84
Figura 49 Proceso de carga del módulo T4	85
Figura 50 Proceso de descarga del módulo T4	86
Figura 51 Proceso de carga del módulo T0	87
Figura 52 Proceso de descarga del módulo T0	88
Figura 53 Curva de carga del módulo T0	91
Figura 54 Prueba 1 y 2 de descarga T0	92
Figura 55 Prueba 5 y 6 de descarga T0	93
Figura 56 Prueba 9 y 10 de descarga T0	94
Figura 57 Análisis de módulo en buen estado, taller “C-tres”	95
Figura 58 Curva de descarga del módulo T100	95
Figura 59 Curvas comparativas de voltaje vs tiempo de descarga	98
Figura 60 Voltaje al final de la carga	99
Figura 61 Curva de descarga de módulos	100

Figura 62 Tiempo total de descarga xxi 100

Figura 63 Curvas de descarga del módulo T0 105

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Voltaje de alimentación para el cargador.....	53
Ecuación 2 Voltaje de corriente continua	54
Ecuación 3 Resistencia equivalente de las resistencias en paralelo	55
Ecuación 4 Voltaje que cae en la resistencia total 1	56
Ecuación 5 Resistencia resultante de resistencias en paralelo	58
Ecuación 6 Resistencia resultante de las resistencias en serie	58
Ecuación 7 Ley de ohm	60
Ecuación 8 Relación de dimensiones de la base del ecualizador	66
Ecuación 9 Fuerza aplicada de un módulo.....	68
Ecuación 10 Fuerza total ejercida por 12 módulos.....	68
Ecuación 11 Concentración de una carga distribuida	69
Ecuación 12 Altura de una carga distribuida	69
Ecuación 13 Ecuación de estado de carga SOC.....	72
Ecuación 14 Tiempo de carga para un determinado SOC	72
Ecuación 15 Estado de descarga DSOC en función del tiempo.....	73
Ecuación 16 Eficiencia del módulo de la batería	101
Ecuación 17 Estado de vida del módulo SOH.....	104

RESUMEN

La alta contaminación provocada en gran mayoría por los vehículos con motores a combustión interna, ha provocado el deterioro del medio ambiente, por lo que se han tomado medidas para contrarrestar dicha contaminación, mediante la fabricación de vehículos de propulsión eléctrica e híbrida. Dichos vehículos tienen la desventaja de producir contaminación mediante sus baterías, ya que estas contienen químicos altamente contaminantes, y al reflejar un código de falla, acerca del deterioro de la batería de alta tensión, se procede a reemplazar la misma en su totalidad. Debido a este cambio, se genera un elevado costo de mantenimiento y desperdicio de varios módulos que se encuentran en buen estado. Para corregir esta realidad, en esta investigación se ha realizado un estudio acerca de los procesos de carga y descarga de los módulos de la batería de alta tensión del vehículo híbrido “Toyota Prius” a una tasa corriente constante de 1.5A, con la ayuda de un analizador de baterías CBA. Mediante un protocolo de pruebas, se somete a cargas y descargas constantes controladas, de esta forma se realiza un análisis entre las curvas de descarga después de cada prueba, determinando el estado de carga SOC y de descarga DSOC, calculando de esta forma la eficiencia y el tiempo de vida útil de los módulos mencionados.

PALABRAS CLAVE

- **VEHÍCULO HÍBRIDO**
- **VEHÍCULOS HÍBRIDOS - ALIMENTACIÓN DE PROPULSIÓN**
- **MÓDULOS DE BATERÍAS DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS**

ABSTRACT

The high pollution caused mostly by vehicles with internal combustion engines, has caused the deterioration of the environment, so that measures have been taken to counteract such pollution, through the manufacture of electric and hybrid propulsion vehicles. Such vehicles have the disadvantage of producing pollution through their batteries, since they contain highly polluting chemicals, and when reflecting a fault code, about the deterioration of the high voltage battery, it is replaced in its entirety. Due to this change, it generates a high cost of maintenance and waste of several modules that are in good condition. To correct this reality, in this research a study has been made about the loading and unloading processes of the high voltage battery modules of the hybrid vehicle "Toyota Prius" at a constant current rate of 1.5A, with the help of a CBA battery analyzer. By means of a test protocol, it is subjected to controlled constant loads and discharges, in this way an analysis is made between the discharge curves after each test, determining the SOC load and DSOC discharge state, calculating in this way the efficiency and the useful life of the mentioned modules.

KEYWORDS

- **HYBRID VEHICLE**
- **HYBRID VEHICLES - PROPULSION FEEDING**
- **HYBRID VEHICLE BATTERY MODULES**

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO DE LA “INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE CARGA (SOC) Y DE DESCARGA (DSOC) DE LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN PARA ESTIMAR SU EFICIENCIA Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL A TRAVÉS DE UN MÓDULO DE CORRIENTE CONSTANTE”

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Los problemas de contaminación ambiental generada por los vehículos que utilizan combustibles fósiles han sido el tema de debate en los últimos años. Los primeros vehículos fueron eléctricos, pero por su poca comercialización y prestaciones, se optó por el desarrollo del motor de combustión interna.

(Fernández & Roca, 2010) señalan que; “Las actividades que generan gases de efecto invernadero son diversas, pero hoy el factor más importante es sin duda la emisión de CO₂ asociada a la obtención de energía”. (Fernández & Roca, 2010) consideran que “En las últimas décadas se ha utilizado más petróleo, más carbón y más gas natural que nunca en la historia”

En la actualidad, en un estudio sobre la calidad del aire (Ministerio del Ambiente, 2010) se descubrió que “La principal fuente de contaminación atmosférica, proviene de las fuentes móviles. En Ecuador, demuestran que entre el 75 y el 85 % de las emisiones

de este tipo de contaminantes proviene de la circulación vehicular” dando paso a la búsqueda de energías alternativas.

(Soto, Cantillo, & Arellana, 2014) encontraron que “Los vehículos híbridos o los propulsados completamente por fuentes de energía alternativas pueden ofrecer una salida provisional para superar la alta dependencia hacia los combustibles fósiles por parte del sector transporte”, siendo de gran importancia el estudio de los vehículos híbridos o eléctricos, así como sus componentes.

Los vehículos híbridos y eléctricos tienen características similares, siendo uno de sus principales componentes, su batería de alta tensión, (Ordóñez, 2011) manifiesta: “La batería de alta tensión de un vehículo híbrido es la que almacena energía eléctrica, lo cual permite que el auto sea más eficiente en el consumo de combustible y menos agresivo con el medio ambiente comparado con un vehículo que funciona únicamente con combustible.”

(Press, 2016) declara que “Un servicio preventivo y de mantenimiento adecuado de las baterías de los vehículos híbridos puede elevar hasta un 25% su vida útil”.

[Bluelife Battery, 2016] destacó que “la prevención sirve también para aumentar la duración de las baterías y para mejorar su capacidad de trabajo, incrementando, al mismo tiempo, el rendimiento del conjunto del vehículo.”

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

(Nayaka, s. f.) argumenta que “En una era en la que la conservación de la energía se ha convertido en el último tema de discusión, la eficiencia del combustible junto con la contaminación mínima se ha convertido en el punto de referencia para cualquier automóvil nuevo”.

El principal inconveniente que presentan hoy en día los desarrolladores de vehículos híbridos y eléctricos radica en el desarrollo de sus baterías, como mencionan (Press, 2015), es que se debe lidiar con “la reducción de los costos, evitar su incendio, la disminución de su tamaño, ampliar la capacidad de almacenaje de la energía, las formas de facilitar su recarga, entre otros retos”. Las baterías de alta tensión, son un punto clave en los vehículos híbridos y eléctricos, ya que aportan energía a los motores eléctricos, y cuando termina su vida útil hay que buscar formas de reciclar las mismas.

En un artículo acerca de qué hacer con las baterías de los vehículos eléctricos o híbridos (Press, 2017) analiza que “El almacenaje es solo una opción que retrasa lo inevitable: el reciclado de estas baterías para aprovechar los materiales reutilizables y desechar limpiamente los que no pueden ser nuevamente integrados en la cadena de producción”

La contaminación de los vehículos con motor de combustión interna genera un incremento en el calentamiento global y la rápida decadencia de la reserva de combustibles fósiles, en este sentido, los avances tecnológicos han ido implementando

vehículos de tipo híbrido y eléctrico, cuyo desempeño en gran medida depende del mantenimiento y el cuidado que se les dé a las baterías de alta tensión. Existen escasos centros de investigaciones relacionadas las baterías de alta tensión de vehículos híbridos y eléctricos. Con un mantenimiento adecuado se prolonga el tiempo de vida útil de las baterías, y se reduce el costo por reemplazo de las mismas, permitiendo estar a la par con las innovaciones en el área automotriz obteniendo una eficiencia energética favorable en el sector. Por tal motivo el problema que se investigó es: LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS DE CARGA Y DESCARGA DE LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS PARA PROLONGAR EL TIEMPO DE VIDA ÚTIL.

1.2.1. ÁRBOL DE PROBLEMAS

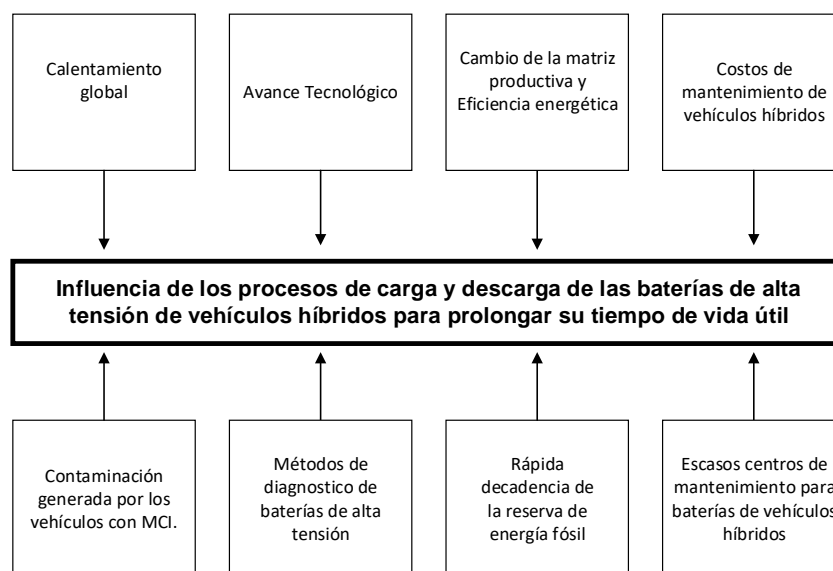


Figura 1. Árbol de problemas

1.3. DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO

La “Investigación de los procesos de carga (SOC) y descarga (DSOC) de las baterías de alta tensión para estimar su eficiencia y tiempo de vida útil” consideró los siguientes aspectos:

Se recopiló investigaciones, basados en su procedencia, considerando principalmente fuentes confiables a fines a la investigación, con ello, se obtendrá información de las características de los elementos utilizados en dicho estudio.

Se construyó el equipo de ayuda para determinar el estado de carga de baterías, que tenga la capacidad cargar los módulos de las baterías de alta tensión a ua corriente continua

Se examinó un equipo adecuado que tenga la capacidad de medir el voltaje, corriente, capacidad de la batería, etc., además de generar curvas el estado de carga y descarga.

Se sometió a procesos de carga y descarga constantes en un tiempo determinado para estimar la corriente útil, porcentajes de carga y descarga de la batería.

Se calculó el estado de carga y descarga, y la eficiencia de los módulos de las baterías de alta tensión de los vehículos híbridos

Se estimó el tiempo de vida útil prolongado luego de realizar los procesos de carga y descarga constantes de los módulos de las baterías de alta tensión.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Con la investigación, se obtiene una eficiencia energética en el sector automotriz, reduciendo la contaminación y la afectación al calentamiento global, además de prolongar el tiempo de vida útil, reduciendo gastos por mantenimiento o reemplazo de la batería.

El desarrollo de tecnologías alternativas permite mejorar el trabajo realizado por un vehículo disminuyendo la contaminación, surge debido a la necesidad de reducir las emisiones contaminantes y a los altos costos de los combustibles fósiles.

La capacidad del sistema de almacenamiento de energía eléctrica es el encargado de determinar el grado de economía de combustible de un vehículo híbrido. No obstante, el acumulador, debido a varios procesos irreversibles, presenta averías en la resistencia interna y en la capacidad de carga.

Los escenarios de operación y el ambiente en el que trabaja son la principal causa para la pérdida de la capacidad de la batería. La degradación de su capacidad es afectada por temperaturas extremas, alto y bajo estado de carga y descarga excesiva.

La falta de mantenimiento y el desconocimiento de los procesos de carga y descarga de la batería de alta tensión, produce la degradación acelerada del acumulador, fallando el sistema y siendo necesario el reemplazo de la misma.

En concesionarios y talleres de mantenimiento de vehículos híbridos se ha manifestado inconvenientes en el almacenamiento de las baterías de alta tensión que

son reemplazadas, ya que estas han sido desechadas, generando problemas de contaminación debido a la falta de un lugar adecuado para reciclarlas.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

- Investigar los procesos de carga (SOC) y descarga (DSOC) de las baterías de alta tensión para estimar su eficiencia y tiempo de vida útil

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Consultar información confiable referente a datos técnicos y de funcionamiento de las baterías de alta tensión de vehículos híbridos.
- Construir un módulo de carga de corriente continua ajustable, para módulos de baterías de alta tensión, de acuerdo al protocolo de pruebas.
- Seleccionar el equipo tecnológico adecuado capaz de generar curvas características de las baterías en función del tiempo para realizar la investigación.
- Someter a procesos de carga y descarga constantes en un tiempo determinado para estimar la corriente útil, porcentajes de carga y descarga de la batería.
- Estimar la eficiencia y tiempo de vida útil de los módulos de las baterías de alta tensión de prueba a través de ecuaciones.

1.6. METAS

- Recopilar información técnica-científica acerca de las propiedades, características y procedimiento de procesos de SOC y DSOC de los módulos de las baterías de alta tensión.
- Obtener un modelo matemático de las curvas que se aproximen a las gráficas de descarga del módulo de la batería
- Prolongar la vida útil del módulo de la batería de alta tensión en un 5% luego de haber realizado 10 procesos de carga y descarga con el módulo de corriente constante.

1.7. HIPÓTESIS

La investigación de los procesos de Carga (SOC) y Descarga (DSOC) de las baterías de alta tensión permite prolongar su tiempo de vida útil logrando una eficiencia energética adecuada.

1.8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

1.8.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Eficiencia y tiempo de vida útil de la batería de alta tensión

Tabla 1

Variable dependiente: Eficiencia y tiempo de vida útil de la batería HV

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Es la capacidad de la batería de consumir igual o menor energía y producir el mismo trabajo prolongando su estabilidad y cumpliendo con el tiempo de trabajo para el cual fue diseñado	Estado de carga y descarga de la batería	Impedancia de salida	ohm	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas Ecuaciones
		Eficiencia	%	Experimentación	Protocolo de pruebas Ecuaciones
		Tiempo de vida útil	T	Experimentación	Protocolo de pruebas Ecuaciones

1.8.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Procesos de carga y descarga de las baterías de alta tensión

Tabla 2

Variable independiente: Procesos de carga y descarga de las baterías HV

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Conjunto de fases sucesivas de incremento o decremento de energía en un acumulador, en un determinado tiempo.	Fase de carga y descarga de la batería	SOC	%	Experimentación	Protocolo de pruebas Ecuaciones
		DSOC	A	Medición	Protocolo de pruebas Ecuaciones
		Energía almacenada	A/h	Medición	Protocolo de pruebas
		ACC	V	Medición	Protocolo de pruebas

1.9. METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL PROYECTO

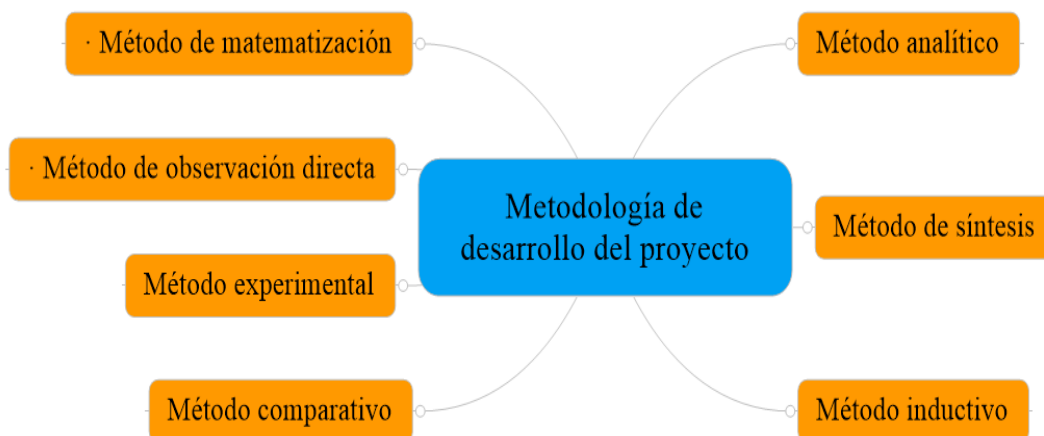


Figura 2. Metodología de desarrollo del proyecto

En la investigación de los procesos de carga y descarga de las baterías de alta tensión, donde se determinó la eficiencia y tiempo de vida útil, mediante el uso de un analizador de baterías computarizado, se utilizó métodos de investigación científica que se disponen a continuación.

- **Método analítico.**

En esta investigación se analizó las propiedades de diferentes analizadores de baterías, sus características, funciones, capacidad de corrientes bajas, tipos de baterías que puede analizar, así como el voltaje que resiste y porcentaje de error al generar graficas indicadoras del proceso que carga y descarga de las baterías analizadas.

- **Método de síntesis.**

En la investigación se utilizó el método de síntesis para la recopilación de los datos resultantes de las pruebas realizadas bajo el proceso de carga y descarga de las baterías de alta tensión, y tener una idea concreta de dichos procesos.

- **Método inductivo.**

Se utilizó este método, ya que en la investigación se estudió las baterías de alta tensión y se logró determinar la eficiencia de los módulos de dicha batería, así como su tiempo de vida útil, además, los resultados y conclusiones generadas se pudieron aplicar para baterías de alta tensión de diferentes marcas de vehículos híbridos.

- **Método comparativo.**

Se utilizó este método para comparar los datos y graficas obtenidos mediante el analizador computarizado de baterías y las ecuaciones generadas con los factores de corrección, encontrar las similitudes en las curvas y determinar la ecuación con menor porcentaje de error.

- **Método experimental.**

Se utilizó este método para determinar el comportamiento de la batería frente a los procesos de carga y descarga a través de un módulo de corriente continua.

- **Método de observación directa**

Se observó el proceso de carga y descarga de las baterías de alta tensión, recolectando datos al instante, ahorrando tiempo y obteniendo datos directos.

- **Método de matematización**

Una vez realizadas las pruebas, se utilizó este método para determinar la eficiencia de la batería y el tiempo de vida útil mediante el uso de ecuaciones.

Tabla 3

Metodología, instrumentación y laboratorios a utilizar

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
Analítico	En esta investigación se analizó las propiedades de diferentes analizadores de baterías, sus características, funciones, capacidad de corrientes bajas, tipos de baterías que puede analizar, así como el voltaje que resiste y porcentaje de error al generar graficas indicadoras del proceso que carga y descarga de las baterías analizadas.	Computador. Microsoft Office.	Laboratorio de autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.
Síntesis	En la investigación se utilizó el método de síntesis para la recopilación de los datos resultantes de las pruebas realizadas bajo el proceso de carga y descarga de las baterías de alta tensión, y tener una idea concreta de dichos procesos.	Computador Analizador de baterías CBA IV. Software West Mountain Radio CBA	Laboratorio de autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

CONTINÚA 

Inductivo	Se utilizó este método, ya que en la investigación se estudió las baterías de alta tensión y se logró determinar la eficiencia de los módulos de dicha batería, así como su tiempo de vida útil, además, los resultados y conclusiones generadas se pudieron aplicar para baterías de alta tensión de diferentes marcas de vehículos híbridos.	Computador. Analizador de baterías CBA I V. Software West Mountain Radio CBA	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.
Comparativo	Se utilizó este método para comparar los datos y graficas obtenidos mediante el analizador computarizado de baterías y las ecuaciones generadas con los factores de corrección, encontrar las similitudes en las curvas y determinar la ecuación con menor porcentaje de error.	Computador. Analizador de baterías CBA IV. Software West Mountain Radio CBA	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.
Experimental	Se utiliza este método para determinar el comportamiento de la batería frente a los procesos de carga y descarga en pruebas de ruta con el sistema híbrido.	Computador. Analizador de baterías CBA IV. Software West Mountain Radio CBA	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.
Observación directa	Se utilizó este método para determinar el comportamiento de la batería frente a los procesos de carga y descarga a través de un módulo de corriente continua.	Computador. Analizador de baterías CBA IV. Software West Mountain Radio CBA	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.
Matematización	Una vez realizadas las pruebas, se utilizó este método para determinar la eficiencia de la batería y el tiempo de vida útil mediante el uso de ecuaciones.	Computador Office Smath Studio	N/A

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción

(Iza & Pozo, 2009) sostienen que, “En la actualidad, se destacan tres tipos de propulsión en los vehículos a nivel mundial, los vehículos a combustible, los eléctricos y los híbridos. Estos últimos se caracterizan por ser la combinación de los dos primeros, en el que el motor de combustión interna alimenta de energía a las baterías, las cuales son exigidas al máximo en el proceso de carga y descarga rápida, reduciendo así su vida útil y al ser un componente excesivamente costoso y contaminante, se requiere realizar un análisis en el comportamiento de la misma en diferentes condiciones y determinar una manera de prolongar su vida útil, el mayor tiempo posible”.

(Bustos & Correa, 2012) plantean que “El reciclaje puede minimizar el impacto ambiental de las baterías mediante la reducción de energía requerida para su producción, así como los daños medioambientales causados por los peligrosos materiales usados en su fabricación como en la de nuevas baterías”.

“Una de las baterías ya se ha reciclado ampliamente esta es la de plomo-ácido (que se utilizan en la mayor parte de vehículos a combustión), y tiene una tasa de reciclaje del 98% debido a que el plomo es tóxico y su eliminación está fuertemente regulada. El reciclaje de baterías de plomo cuesta menos que la minería del plomo, y porque este

metal pesado compone aproximadamente el 65% de la masa de la batería. El proceso genera un ahorro de dinero significativo para los fabricantes y es lucrativo para los comerciantes de chatarra” (Bustos & Correa, 2012).

“Pero también hay que tener en cuenta que mientras las baterías constituidas de plomo ácido son comúnmente recicladas, es menos común ver reciclar las baterías de iones de litio de los dispositivos móviles, la electrónica portátil y los autos híbridos y eléctricos. En la Unión Europea, sólo el 5% del litio de las baterías vendidas en 2010 fueron recicladas. Una de las razones de esta baja tasa de reciclaje de estas baterías corresponde a un proceso de reciclaje complejo” (Iza & Pozo, 2009).

2.2. Arquitectura de los vehículos híbridos

“La arquitectura de un vehículo híbrido es la forma en que un vehículo híbrido emplea sus recursos energéticos conseguir su movimiento, variando así la manera de utilizar sus motores para producir movimiento. Dicho esto se puede destacar tres tipos de arquitectura:

- Arquitectura en Serie.
- Arquitectura en Paralelo.
- Arquitectura Mixta.

Aparte de estas disposiciones de arquitecturas, existe otro tipo que debería ser tomado en cuenta, como lo son los híbridos enchufables, estos consisten en el mismo vehículo híbrido que independientemente de su configuración (arquitectura), son capaces de utilizar la corriente de la red doméstica para alimentar sus baterías de alto voltaje y reducir el consumo de combustible” (Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil, 2007).

2.2.1. Híbridos en serie

“En los híbridos en serie el vehículo es impulsado enteramente por el motor eléctrico gracias a la electricidad suministrada por el motor de combustión, el cual arrastra a su vez un generador eléctrico.

La batería actúa por lo tanto como acumulador de la electricidad (energía) sobrante y, cuando está cargada, permite la desconexión temporal del motor de combustión, de forma que el vehículo puede impulsarse momentáneamente de manera totalmente eléctrica.

Los flujos energéticos característicos de la configuración en serie son los siguientes:

- a. El motor de combustión, a través del generador, puede alimentar al motor eléctrico y también cargar la batería.
- b. La batería puede alimentar al motor eléctrico pero también, gracias a la capacidad de éste de actuar como freno regenerativo, el motor eléctrico puede, a su vez,

recargar la batería. El frenado regenerativo consiste en decelerar el vehículo no del modo convencional basado en el rozamiento de las pastillas contra los discos de freno, sino invirtiendo el funcionamiento del motor eléctrico y haciéndolo funcionar como un generador de electricidad. Una analogía puede servir para explicar el concepto de freno regenerativo: del mismo modo que un ventilador emplea electricidad para hacer girar sus aspas mientras que un aerogenerador utiliza el viento para obtener electricidad, un motor eléctrico en un automóvil puede emplear electricidad para impulsarlo o bien utilizar dicho impulso para generar electricidad” (Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil, 2007).

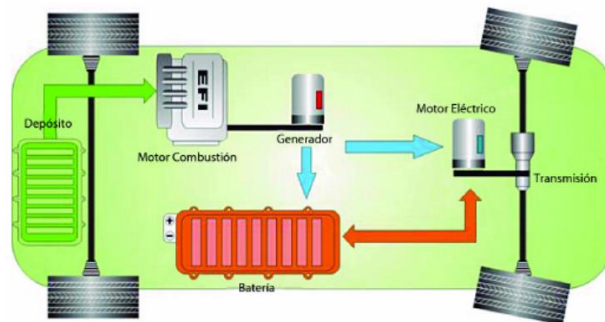


Figura 3. Configuración en serie de un vehículo híbrido

Fuente: (Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil, 2007)

“El motor de combustión proporciona movimiento a un generador que, o carga las baterías, o suministra la potencia directamente al sistema de propulsión (motor eléctrico) y por lo tanto reduce la demanda a la batería. El dispositivo generador se utiliza principalmente como un amplificador de prestaciones, por lo que en la mayoría de los

kilómetros se circula con las baterías. Cuando la duración del viaje excede a las prestaciones de la batería, el dispositivo generador se enciende. Para viajes más largos, el dispositivo generador puede ser conectado automáticamente cuando las baterías alcanzan un nivel predeterminado de descarga. El motor térmico impulsa un generador eléctrico, normalmente un alterador trifásico, que recarga las baterías, una vez rectificadas la corriente, y alimenta al motor o motores eléctricos y estos son los que impulsan al vehículo” (G. Cabrera, 2007, p. 4).

“En un vehículo híbrido al estar conectado en serie el motor de combustión interna proporciona únicamente el movimiento de rotación hacia un generador eléctrico, donde esta carga directamente las baterías del vehículo si se encuentran descargadas, o a su vez transmite una mayor potencia hacia el motor eléctrico dependiendo del requerimiento energético del vehículo.

El generador se utiliza principalmente para extender autonomía del automóvil permitiendo ampliar las prestaciones de este, de tal forma que en la mayoría de los kilómetros se utiliza la energía proveniente de las baterías y en el caso que el viaje exceda las prestaciones de la batería o su capacidad el generador eléctrico se enciende. La corriente producida por el generador es rectificadas en el inversor/cargador.

Dependiendo de varios factores como la capacidad de almacenamiento de las baterías, el espacio disponible en el vehículo, la velocidad o la cantidad de energía

disponible se dimensionan el tamaño de equipos generadores” (Méndez, Cely, & Monar, 2016, p. 4).

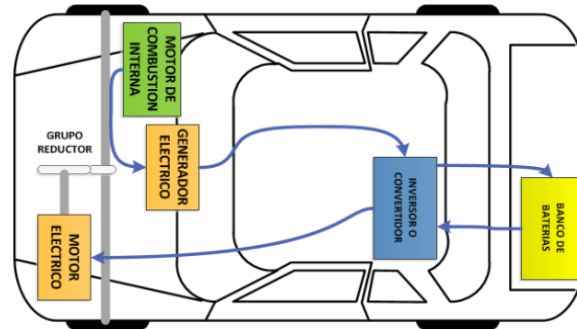


Figura 4. Disposición de Elementos en vehículo Híbrido Serie

Fuente: (Méndez et al., 2016)

“La batería se dimensiona en función de los picos de demanda, de tal forma que a altas velocidades solo una parte de la energía eléctrica proviene de las baterías siendo estas las que suministran la potencia necesaria para aceleraciones y adelantamientos, en cambio a velocidades crucero la potencia generada en exceso es utilizada para recargar las baterías. En la figura 4 se puede observar el flujo energético de cada elemento del vehículo híbrido, durante el frenado regenerativo la propia inercia del vehículo rota el sistema de propulsión o eje de transmisión que produce una energía mecánica directamente sobre el motor eléctrico (que en un inicio otorgaba el movimiento al eje) logrando que de esta forma opere como un segundo generador eléctrico cuya energía es recargada y almacenada inmediatamente en las baterías” (Méndez et al., 2016, p. 4).

2.2.2. Híbridos en paralelo

“En este tipo de configuración el vehículo utiliza dos sistemas de tracción en paralelo de tal forma que estos pueden ser utilizados independientemente o simultáneamente si se desea una mayor potencia en el vehículo. Estos 2 sistemas proveen la potencia necesaria a las ruedas y si bien esta configuración es más compleja resulta ser más eficiente debido a que se minimizan las pérdidas por conversión de cada tipo de energía. Además, como el aumento de potencia le corresponde directamente al motor de combustión interna es posible la reducción del tamaño de las baterías, el motor a gasolina entra en funcionamiento cuando existe una mayor demanda de energía por parte del vehículo, y al detenerse el vehículo híbrido aprovecha la energía normalmente empleada en frenar para recargar su propia batería” (Méndez et al., 2016, p. 4).

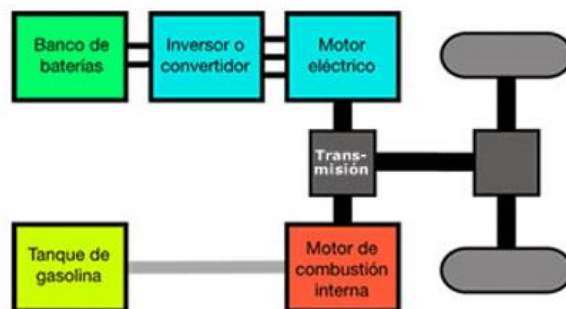


Figura 5. Configuración de vehículo Híbrido en Paralelo

Fuente: (Cabrera, 2007)

“Dentro de los vehículos híbridos paralelos se pueden distinguir dos tipos: los que emplean un generador independiente para cargar las baterías y los que aprovechan el

motor eléctrico para funcionar también como generador, este último será el encargado del freno regenerativo permitiendo la desaceleración del vehículo y logrando recuperar energía mientras el motor eléctrico actúe como generador.

Un generador independiente en el vehículo híbrido produce notablemente un aumento en la generación de energía eléctrica, sin embargo, no resulta ser la decisión más adecuada ya que conlleva al transporte de elementos más pesados en el automóvil requiriendo a su vez mayor potencia y volviéndolo más costoso. La ventaja de utilizar dicho generador independiente es que al estar diseñado para funcionar únicamente como generador será más eficiente frente a un motor eléctrico que opere paralelamente como generador. Es por ello que se debe realizar un análisis entre peso/beneficio al momento de integrar más elementos al vehículo” (Andy et al., 2016).

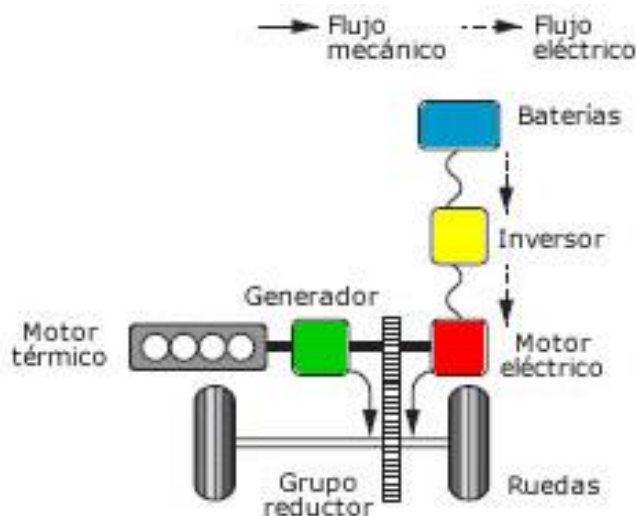


Figura 6. Configuración en paralelo

Fuente: (Cabrera, 2007)

El Sitio Oficial del Toyota Prius (2018) afirma que: “Al decidir acoplar un generador independiente dentro de la misma configuración híbrida paralela se la clasifica como vehículo híbrido paralelo-serie siendo esta configuración la más utilizada por fabricantes de automóviles como por ejemplo Toyota en su modelo Prius”.

2.2.3. Híbridos combinados o mixtos

“En este caso el motor térmico cuando es requerido, acciona un generador que envía la corriente a la batería a través del inversor, otras veces también funciona al igual que un sistema en paralelo, es decir solo se encarga de ayudar al motor eléctrico a mover el vehículo como es el caso de fuertes aceleraciones por ejemplo. Pero el caso más común es que cuando el motor térmico es activado, realiza las dos cosas a la vez, es decir que una parte de su energía se usa para mover el vehículo, y la otra parte es utilizada para recargar las baterías” (Espinosa, 2013).

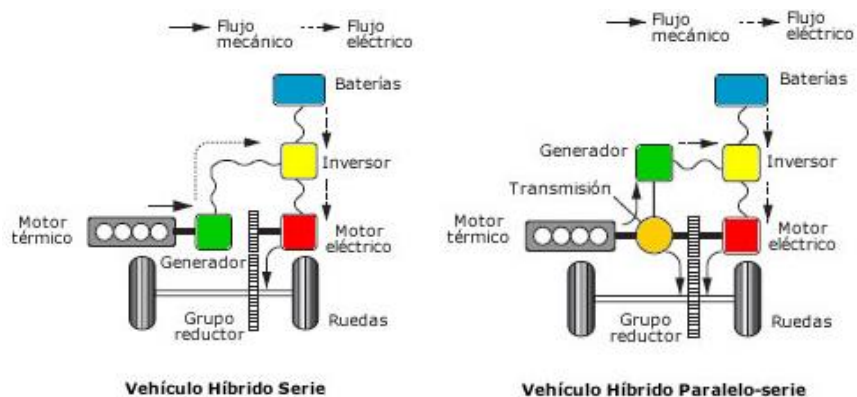


Figura 7. Configuraciones de vehículos híbridos

Fuente: (Cabrera, 2007)

“El concepto de un vehículo mixto es el de un vehículo híbrido con arquitectura serie en el que se ha conectado el motor de combustión directamente a las ruedas. Así, tanto el motor de combustión como el generador y el motor eléctrico están todos ellos interconectados a través de un sistema de engranajes diferencial el cual, a su vez, está conectado a la transmisión del vehículo. El flujo de la energía en los vehículos con arquitectura mixta sería el siguiente:

- El motor de combustión impulsa al vehículo a través del conjunto diferencial.
- El generador, que está también conectado a ese conjunto diferencial, es impulsado por el motor de combustión produciendo así electricidad. Esa electricidad es usada unas veces para recargar las baterías y otras para alimentar al motor eléctrico, según las necesidades.
- El motor eléctrico es alimentado por las baterías y a su vez éste es capaz de recargar las baterías en los momentos que funcione a modo de freno regenerativo.
- El motor eléctrico impulsa las ruedas a través del conjunto diferencial”

(Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil, 2007)

“Las ventajas del sistema híbrido mixto con respecto a los demás sistemas son que gracias al conjunto diferencial, el motor de combustión puede ser conectado a las ruedas en aquellos momentos en los que opere en el rango óptimo de revoluciones (rango de

máximo rendimiento y mínimo consumo)” (Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil, 2007).

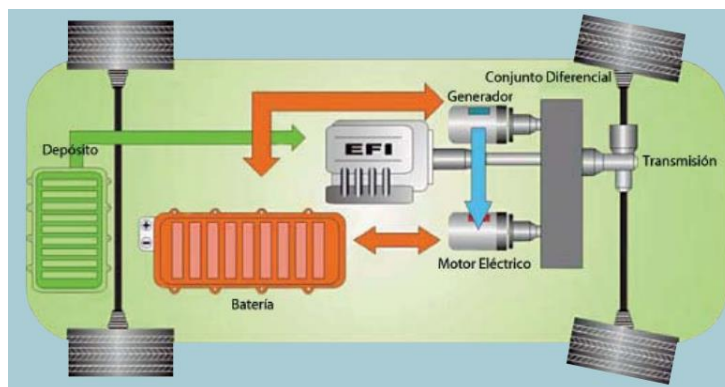


Figura 8. Configuración de vehículo híbrido mixto

Fuente: (Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil, 2007)

2.3. Componentes del vehículo Híbrido

El sistema en el vehículo híbrido, cuenta con varios componentes, cada uno de ellos de vital importancia para el funcionamiento del mismo, a continuación se describe dichos componentes enfocándose en mayor parte a las baterías.

2.3.1. Motor de combustión interna

“Un motor de combustión interna funciona en base al consumo y quemado de una mezcla comprimida en distintas relaciones de aire y combustible, el proceso se lleva a cabo dentro de un cilindro o cámara de combustión que permite incrementar la presión interna y generar con ello la suficiente potencia hacia el pistón.

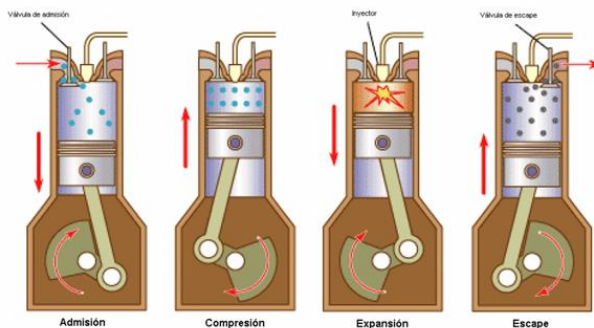


Figura 9. Ciclos de trabajo del motor de combustión interna

Fuente: (G. Cabrera, 2007)

De acuerdo a la mezcla aire combustible y la relación que presenten estos dentro de la cámara del cilindro se pueden diferenciar 4 tiempos en un motor de combustión interna los cuales son: Admisión, Compresión, Combustión, Escape” (Méndez et al., 2016)

“El motor de combustión interna utilizado en el Toyota Prius, es una fuente de energía que funciona con combustibles derivados del petróleo, actualmente en el Ecuador las diferentes versiones del vehículo utilizan motores a gasolina, con cilindradas de 1.8lts., para el modelo Prius y 1.5lts., para el modelo Prius C Sport. El funcionamiento es semejante a cualquier otro sistema, en cuanto al control electrónico de inyección. El motor incorpora elementos como: catalizador, sistema de emisiones evaporativas, válvula EGR, distribución VVT-i, sistema de encendido COP y sistema de mariposa motorizado TAC” (Guevara, 2015)

“El motor térmico funciona según el llamado "ciclo Atkinson", y que se diferencia ligeramente del tradicional motor de "ciclo Otto" de cuatro tiempos. Bien es sabido que el

rendimiento termodinámico de cualquier motor de combustión interna se ve favorecido por un alto valor de la relación de compresión, que a su vez tiene el inconveniente de la tendencia que posee la gasolina a producir detonación para altas relaciones de compresión.

El ciclo Atkinson trata de aprovechar las ventajas que supone una alta relación de compresión reduciendo la duración efectiva de la carrera de compresión con respecto a la de expansión del tradicional ciclo Otto. La forma más viable y sencilla de conseguir esto es retrasar el cierre de la válvula de admisión, permitiendo un cierto reflujo de gases hacia el colector de admisión mientras el pistón asciende” (Acosta, 2013).

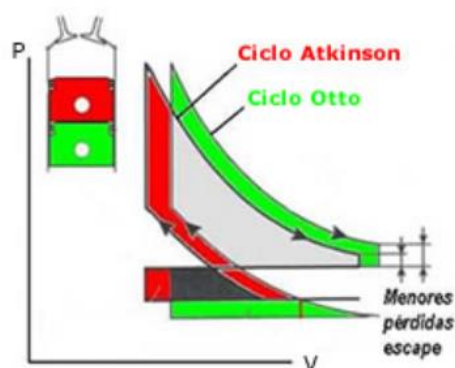


Figura 10. Comparación de ciclos de trabajo del MCI

Fuente: (Acosta, 2013)

2.3.2. Motor generador 1

“En el sistema híbrido de Toyota el motor eléctrico está formado por dos motogeneradores trifásicos llamados MG1 y MG2, como se muestra en la figura 11, cada uno

cumple con una función específica. En el caso de MG1, este moto-generador es el encargado de generar electricidad que recarga la batería HV, o que es aprovechada por MG2 en ciertas condiciones de manejo del vehículo; MG1 también funciona como motor de arranque para encender al motor de combustión interna, cuando el vehículo está detenido, y cuando está en movimiento el arranque se logra por la unión de MG1 y MG2” (Guevara, 2015).

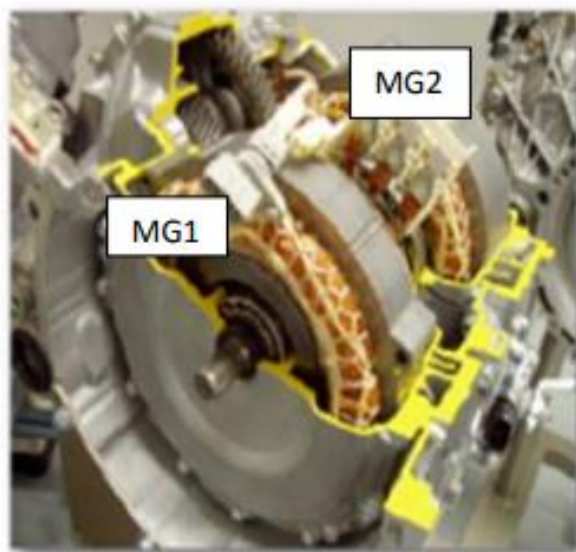


Figura 11. Moto generadores del sistema híbrido

Fuente: (Guevara, 2015)

2.3.3. Motor generador 2

“La función de MG2 es la de proporcionar tracción a las ruedas y así dar movimiento al vehículo, tanto en marcha hacia adelante, como hacia atrás. MG2 también

funciona como generador, pero sólo en las desaceleraciones y frenadas, aprovechando la energía cinética y transformándola en energía eléctrica, que sirve para recargar la batería HV, a través del inversor. Cabe mencionar que todo el funcionamiento es controlado por la ECU del sistema híbrido” (Guevara, 2015).

2.3.4. Inversor

“Un inversor transforma la electricidad de corriente continua (C.C) almacenada en baterías eléctricas en energía de corriente alterna (C.A) y de igual forma en sentido opuesto de C.A a C.C. Los inversores eléctricos disponen de funciones para iniciar y finalizar la actuación de los generadores automáticamente. Es por esto que su aplicación en el sistema de freno regenerativo es necesaria, además, la capacidad del inversor para procesar distintas formas de energía de entrada, lo convierte en una opción necesaria en aplicaciones de energía portátil, de respaldo y sin conexión directa a la red como en vehículos híbridos y eléctricos” (Méndez et al., 2016).

“El inversor es un componente vital en el sistema híbrido encargado de gestionar el flujo de electricidad y transformarla según los requerimientos. Eleva la tensión proveniente de las baterías HV a 550VDC para luego mediante el módulo IPM, el cual se aloja en su interior transformarla a corriente alterna trifásica y puedan operar los motogeneradores. Entre otras funciones carga la batería auxiliar de 12 V y activa el compresor del aire acondicionado. El inversor se encarga de las siguientes funciones:

- Convierte los 201,6 V DC (corriente continua) que entrega la batería HV en 201,6 V AC trifásica (corriente alterna). Multiplica estos 201,6 V AC trifásica hasta un máximo de 550 V AC trifásica. al motor y al generador eléctricos del THSD.
- Convierte los 201,6 V DC en 201,6 V AC para el compresor eléctrico del aire acondicionado.
- Convierte los 201,6 V DC en 12V DC y 100 A. para recargar la batería de 12V, dada la ausencia de alternador y alimentar a los demás elemento eléctricos del vehículo (luces, audio, ventiladores, etc.).
- Gestiona la activación de los transistores de potencia es controlada por la ECU de HV. Además, el inversor transmite la información necesaria para controlar la corriente, tal como el amperaje de salida o la tensión hacia la ECU de HV.

El inversor junto con el MG1 y el MG2 son enfriados por el radiador exclusivo del sistema de refrigerante que está separado del que hay para el motor de gasolina. La unidad de control HV es la que se encarga de controlar la bomba eléctrica de agua.

En caso de una colisión en la que el vehículo se ve implicado, el sensor del disyuntor del circuito, que está instalado en el inversor, detecta una señal de colisión para detener el sistema” (Guevara, 2015).



Figura 12. Inversor Prius C sport

Fuente: (Guevara, 2015)

2.4. Batería

(Zúñiga, 2014) La batería es un dispositivo que almacena energía en forma electroquímica y es el más ampliamente usado para almacenar energía en una variedad de aplicaciones, a la vez que establece una clasificación.

(Acosta, 2013b) Los métodos de reciclado hoy en día se basan en el refinado de metales, como por ejemplo la pirometalurgia, en la que las baterías se alimentan en una fundición y se funden para recuperar los metales. En las baterías de iones de litio más antiguas, el cobalto podría representar el 18% de la batería, pero el resto de los materiales, incluyendo litio y aluminio, terminan en escoria y luego son enterrados o incrustados en concreto. La empresa de reciclado de baterías “Umicore”, con sede en Bruselas, utiliza pirometalurgia para recuperar el cobalto, níquel, cobre y otros metales de las baterías de iones de litio y baterías de níquel-hidruro metálico.

Los fabricantes de baterías pagan a la compañía para que recicle sus productos. “Los productores y coleccionistas pagan por el servicio para asegurarse de que las credenciales de los productos "verdes" son sólidas, o para cumplir con los objetivos de la legislación". Otro método de reciclado es la hidrometalurgia que es utilizado por recicladores como Retriev Technologies. (Zelaya, 2006) En este proceso, las células se separan en varias corrientes de producto sobre la base de lo que se hunde, flota o cuelga en solución. A continuación, se añaden productos químicos al agua, donde reaccionan con componentes catódicos para fabricar nuevos compuestos que son más fáciles de separar.

2.4.1. Baterías de alto voltaje HV

(Gómez & Hidalgo, 2014) “La batería de alto voltaje uno de los elementos principales del sistema eléctrico que almacena y alimenta los motores generadores MG1 y MG2, esta puede tener voltajes desde 151 Voltios hasta 330 Voltios. La batería es de tipo Ni-MH, que utiliza hidruro metálico para almacenar hidrogeno e hidróxido de níquel como electrodos”.

El tiempo de vida útil de una batería, que no haya sido alterada mediante malos procesos de carga y descarga, oscila entre 7 y 10 años, o 240.000 y 480.000 kilómetros de recorrido.

La batería de alto voltaje también debe poseer un sistema de censado de temperatura, y un sistema de refrigeración, esto se logra, con la ayuda de termistores que van colocados cada cierto número de packs. Esta información es enviada a la ECU de la batería, la cual activara el sistema de refrigeración.



Figura 13. Comprobación del estado de la batería y medición de voltaje

Durante la carga el calor interior aumenta en la batería, por lo cual, para su correcto funcionamiento deben operar dentro de unos rangos de temperatura determinados. Así por ejemplo, las baterías Ni-MH son capaces de operar en descarga con temperaturas desde 20 °C hasta 50 °C y en carga desde 0 °C hasta 45 °C aproximadamente.

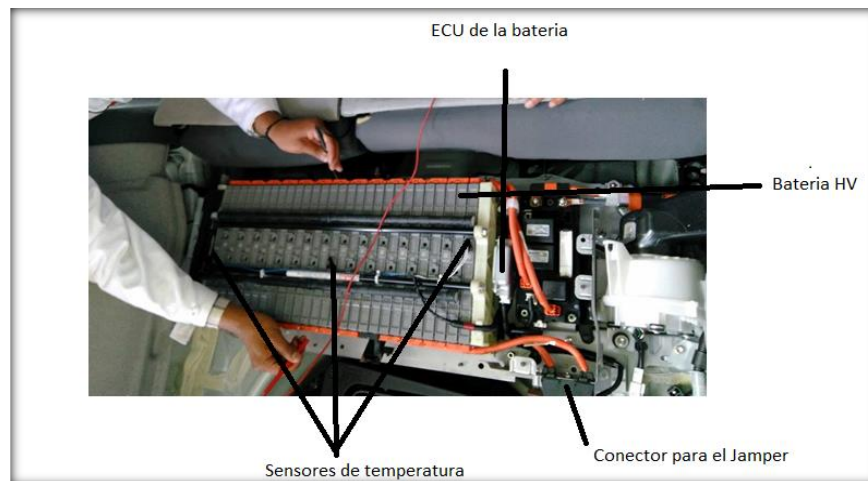


Figura 14. Sensores de temperatura

Entre las baterías de los vehículos mayormente comercializados en el Ecuador se tiene:

2.4.2. BATERÍA HV TOYOTA PRIUS.



Figura 15. Batería HV Toyota Prius

(Augeri, 2012) “La caja de metal que contiene la batería, está aislada de la alta tensión y oculta por la alfombra en el área de la cabina”.

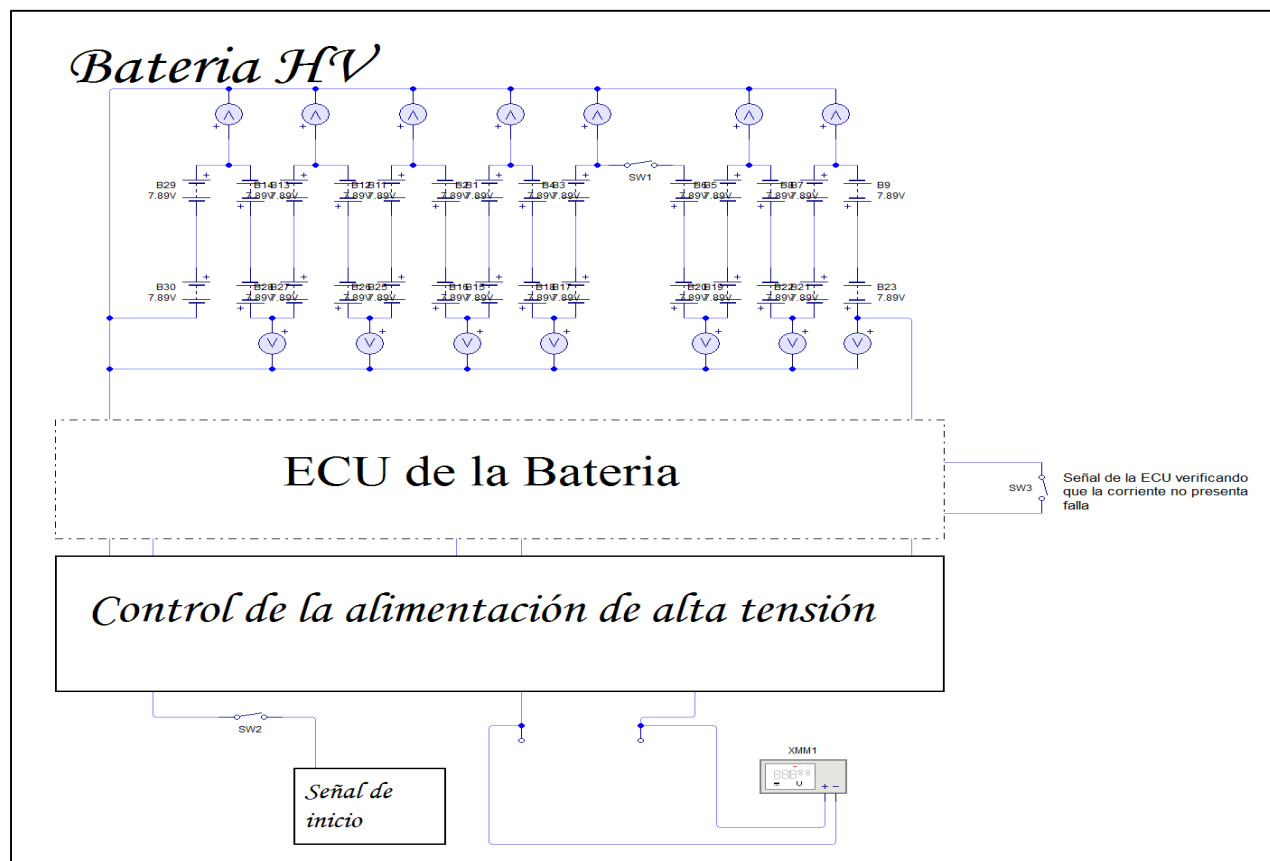


Figura 16. Simulación batería Toyota Prius

“La batería HV consta de 28 módulos de baja tensión (7,2 voltios) de la batería Ni-MH, que son conectados en serie para producir aproximadamente 201,6 voltios. Incorpora 4 sensores de temperatura 3 en la batería y uno para el aire en la entrada y un ventilador con la característica que es un motor sin escobilla” (Augeri, 2012).

2.4.3. BATERÍA HV DEL TOYOTA HIGHLANDER.

“Esta batería está formada por tres bloques dos de 12 módulos y uno de 6 módulos intermedio que forma un total de 30 celdas cada una con 8 células que proporciona 1.2 voltios en serie y sumando se tiene 9.6 voltios que en total en la batería se tendrá un voltaje nominal de 288 voltios” (Augeri, 2012).

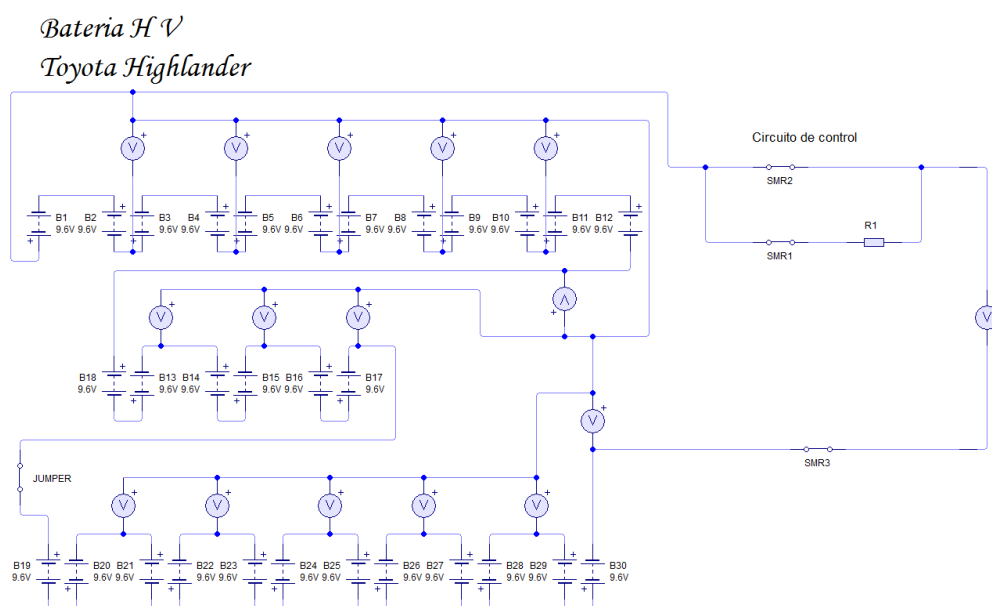


Figura 17. Simulación batería Toyota Highlander



Figura 18. Batería HV Toyota Highlander

2.4.4. BATERÍA HÍBRIDA DEL FORD ESCAPE.

(Augeri, 2012) Es fabricada por Sanyo del componente Hidruro de Níquel con un total de 50 módulos de forma circular y cada una proporciona 6 voltios, está conectado en serie cada paquete formando 25 con un voltaje de 12 voltios y un voltaje nominal de la batería de 300 voltios.

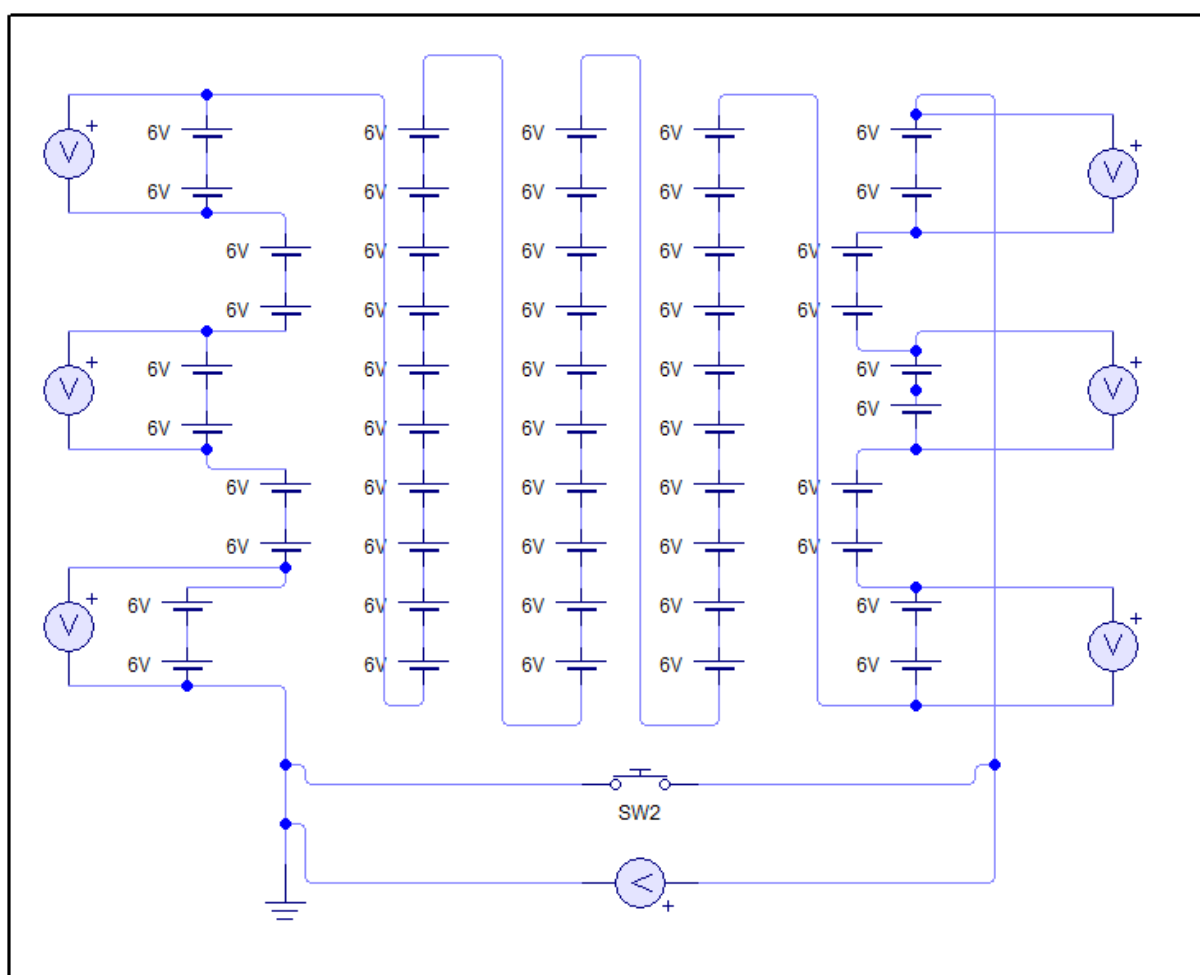


Figura 19. Simulación batería Ford Escape

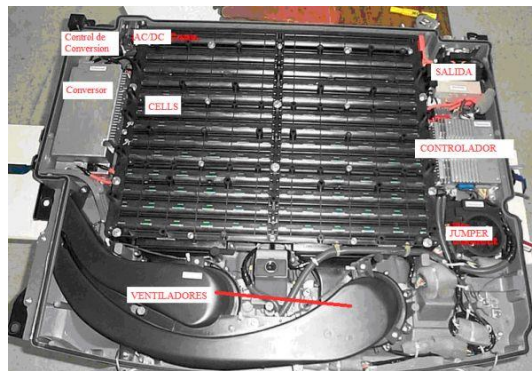


Figura 20. Batería HV Ford Escape

Fuente: (G. Cabrera, 2007)

2.5. Gestión de la batería

[Yuasa Battery Europe, 2014] “La descarga o la carga siempre están en proceso dentro de la batería en un momento dado. La solución del electrolito contiene iones cargados formados por sulfato e hidrógeno. Los iones de sulfato están cargados negativamente, mientras que los iones de hidrógeno tienen una carga positiva”.

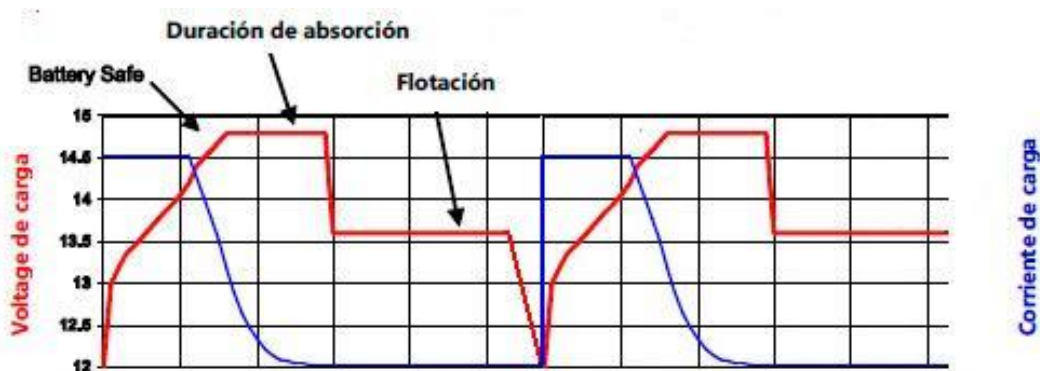


Figura 21. Proceso de carga y descarga de una batería

Fuente: [Yuasa Battery Europe, 2014]

Estado de carga (State of charge: SOC) se define como la capacidad disponible de una batería y podría ser comparada con el depósito de combustible de un vehículo. Se represente como un porcentaje de una referencia de carga completa, el cual debe ser actualizado periódicamente. Otras unidades pueden ser Culombios (C), Amperios-hora (Ah) o kilovatios hora (kWh).

La estimación del estado de carga es esencial para alcanzar el comportamiento óptimo de un sistema que controle coches eléctricos o híbridos para maximizar la utilización del motor eléctrico con respecto al de combustión.

2.5.1. Tasa de carga y descarga

El proceso electroquímico dentro de las celdas al cargarse y descargarse siempre toma un tiempo finito y no siempre es menor que el estímulo eléctrico que carga la batería. Durante el proceso de carga puede darse un pulso de descarga y no ser realizado por completo dando lugar a imprecisiones en la estimación del SOC. Además, los procesos tanto de carga como descarga consumen energía y la energía suministrada por la batería será menor que la utilizada para cargarla. Esta proporción es llamada eficiencia coulombica y puede afectar hasta en un 3% de la capacidad disponible. («Gestión de la batería», 2012)

2.5.2. Auto descarga

Con el transcurso del tiempo, una batería sufre un proceso de auto-descarga que típicamente es menor del 3% cada mes. Este consumo de energía puede ser apreciable para el caso de tiempos largos entre procesos de carga. («Gestión de la batería», 2012)

2.5.3. Impedancia interna

Con los ciclos de carga y descarga, las composiciones de los componentes químicos internos a una celda cambian y esto deriva en una variación de la impedancia interna. Este parámetro también es un indicativo del SOC, pero su medida se hace muy difícil durante el funcionamiento real de una batería y, además, tiene una gran dependencia con la temperatura (Bustos & Correa, 2012)

2.6. Clasificación

- **Batería primaria:** su reacción electroquímica es irreversible, es decir, después de que la batería se ha descargado no puede volver a cargarse. (Bustos & Correa, 2012)
- **Batería secundaria:** su reacción electroquímica es reversible, es decir después de que la batería se ha descargado puede ser cargada inyectándole corriente continua desde una fuente externa. Su eficiencia en un ciclo de carga y descarga está entre el 70% y 80%. (Bustos & Correa, 2012)

2.6.1. Funcionamiento Básico

En general el funcionamiento de una batería, se basa en una celda electroquímica. Las celdas electroquímicas tienen dos electrodos: El Ánodo y el Cátodo. El ánodo se define como el electrodo en el que se lleva a cabo la oxidación y el cátodo donde se efectúa la reducción. Los electrodos pueden ser de cualquier material que sea un conductor eléctrico, como metales, semiconductores. (Iza & Pozo, 2009)

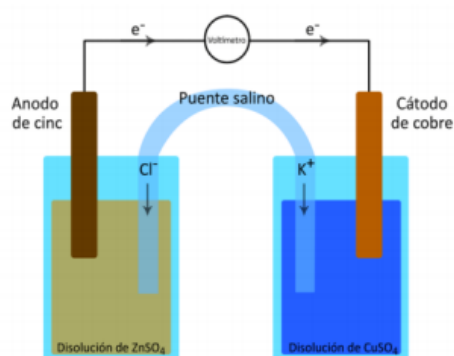


Figura 22. Esquema de funcionamiento de una batería

Fuente: (Murillo, 2014)

2.6.2. Batería Ni-MH

Incluyen todos los vehículos de propulsión totalmente eléctrica como: General Motors EV1, Honda EV Plus, Ford Ranger EV, Scooter Vectrix. (S. A. C. B. Cabrera, 2012)

Vehículos híbridos como el Toyota Prius, Honda Insight o las versiones híbridas de los Ford Escape, Chevrolet Malibu y Honda Civic Hybrid también las utilizan. (S. A. C. B. Cabrera, 2012)

El transporte público de la ciudad de Niza (Francia) cuenta con el tranvía de piso bajo Alstom Citadis que utiliza también este mismo tipo de baterías, a la vez que varios modelos de robot la utilizan entre ellos el célebre prototipo humanoide ASIMO diseñado por Honda. (S. A. C. B. Cabrera, 2012)

Las baterías son el elemento fundamental de híbridos y eléctricos. En ellas está la clave de su viabilidad técnica y económica, el principal problema y, por tanto, también el mayor desafío tecnológico dentro de este tipo de planta motriz que parece condenada a conquistar el mundo a cámara lenta. (Zelaya, 2006)



Figura 23. Batería de un vehículo eléctrico

Fuente: (Artés, 2012)

Para impulsar un vehículo mediante electricidad es necesario poder generar o transportar enormes cantidades de energía eléctrica dentro del propio vehículo. La generación de energía eléctrica a través de una pila de combustible de hidrógeno, se presenta como una posible solución a bastante largo plazo. Mientras tanto, las baterías constituyen ya el presente y tal vez el futuro del coche eléctrico e híbrido por lo que es fundamental comprender su funcionamiento, sus limitaciones, su situación tecnológica actual y sus perspectivas de futuro. (Iza & Pozo, 2009).

Últimamente, parece darse por sentado que las baterías de Ion-Litio son las más adecuadas para el uso automovilístico, y posiblemente sea así. No obstante, no es esta la única posibilidad que existe y, de hecho, las propias baterías de Ion-Litio constituyen una amplia familia de opciones químicas diversas que sólo comparten entre sí el Litio como elemento fundamental, pero no el resto de elementos implicados. (Bustos & Correa, 2012)

(Bustos & Correa, 2012) Las baterías de Níquel-Metal han sido las preferidas por el archiconocido Toyota Prius durante sus más de 10 años de historia, por lo que han demostrado sobradamente su capacidad para responder con solidez en las entrañas de un híbrido no enchufable. Su potencia específica es correcta, su ciclo de vida largo y no presentan problemas medioambientales, mientras que tienen un alto índice de descarga en periodos de inactividad (pierden el 30% de la carga en un mes paradas) y su coste de producción es algo elevado por incorporar tierras raras en el electrodo positivo. Sus 60

Wh/kg las hace superiores a las de plomo-Ácido, pero las mantiene todavía cierta distancia del Litio, que, no en vano, es el más ligero de los elementos de la tabla periódica que no es un gas a temperatura ambiente.

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

2.7. Reciclaje de baterías

(Mondragón, 2009) “En los Estados Unidos, no hay una regulación federal para el reciclaje de baterías, dejando una variedad de reglas a nivel estatal. La industria ha hecho algunos esfuerzos para llenar ese vacío. Desde 1996, un programa voluntario llamado Call2Recycle, que es financiado por fabricantes de electrónica, ha reciclado más de 38,5 millones de kilogramos de pequeñas baterías de consumo y teléfonos móviles en Estados Unidos y Canadá, pero todavía es una pequeña fracción del total. Carl Smith, presidente de Call2Recycle, dice que la organización recicla quizás el 2% de las pilas alcalinas y posiblemente el 12% de ion litio. En Columbia Británica, Quebec y Manitoba en Canadá

tienen un programa de reciclaje obligatorio, y en estos lugares, Call2Recycle recoge alrededor del 25% de lo que se vende”.

(Iza & Pozo, 2009) El diseño de producto podría ayudar a aumentar el reciclaje. Gaines tiene algunas ideas de estrategias para facilitar la recuperación y reutilización, como usar el número mínimo de componentes, estandarizar formatos y materiales y evitar materiales tóxicos (como cadmio, arsénico, mercurio o halógenos). También recomienda diseños que permitan una separación fácil, tales como tuercas y tornillos en lugar de soldaduras. Más de 130 empresas de almacenamiento de energía operan en California, pero las preocupaciones de fin de vida son ampliamente ignoradas por los innovadores y los capitalistas que los financian. En su lugar, priorizan el rendimiento y el costo, para captar mejor la cuota de mercado.

Las baterías son el elemento clave de los vehículos híbridos y eléctricos. Han sido llamados vehículos "híbridos" a los que utilizan un motor eléctrico y un motor de combustión interna para llevar a cabo su trabajo. A diferencia de los coches eléctricos individuales, los vehículos híbridos no tienen la necesidad de conectarse a una toma de corriente para recargar la batería, el generador y el sistema de "frenado regenerativo" son responsables de la carga de los mismos.

(Bustos & Correa, 2012) Los vehículos híbridos requieren grandes paquetes de baterías con alta densidades de energía y potencia para convertirse en una opción competitiva de transporte. Los sistemas de control de las baterías han desarrollado

sistemas que permite igualar la tensión en el SOC (State Of Charge) y un control en el estado de la batería. La tensión entre cada una de las celdas es crítica para el funcionamiento eficiente de la batería, una ecualización se hace importante para evitar un impacto negativo en el funcionamiento de cada una de las celdas y packs. Sin embargo, con el degradado y efecto memoria de la batería existe una pérdida significativa de potencia debido a la resistencia interna, dicha pérdida se ve afectada por el ciclo de conducción.

La batería constituye uno de los elementos principales del sistema híbrido, por su continuo trabajo de aporte al sistema en la actualidad presenta inconvenientes que se evidencian en los diferentes concesionarios, talleres a los cuales un vehículo híbrido llega con problemas de los packs de batería de alta tensión los mismos que presentan menor o mayor voltaje nominal en comparación con los otros packs, lo que conlleva a que la luz testigo se encienda.

La batería de alta tensión para el caso de un Toyota Prius provee un voltaje nominal de 201.6 V en las versiones más modernas, y voltajes mayores para versiones anteriores del Prius. Este valor de voltaje puede llegar hasta un 20% más alto cuando el SOC de la batería es alto. Lógicamente estos valores cambian dependiendo del fabricante. Este voltaje en el caso del Prius proviene de un paquete de 14 bloques de baterías en serie dispuestos en el siguiente orden: existen 28 celdas pequeñas de 7,2 V cada una y están conectadas en serie de dos en dos para formar 14 paquetes de baterías de 14,4 V cada

una y a su vez están conectadas todos estos 14 paquetes en serie para generar un total de 201.6 Voltios nominales

2.8. Procesos de recuperación

(Murillo, 2014) Los procesos de recuperación de los packs de baterías tienen como elemento principal para su desarrollo la ecualización que se pueden dividir en dos tipos que son disipativos que iguala la carga a la celda menos cargada disipando el exceso de carga en las demás y no disipativos o también llamado activos que aprovechan la carga de las más cargadas para cargar las menos cargadas según el intercambio de energía. Existen varios países que han invertido mucha mano de obra y recursos para llevar a cabo esta extensa investigación, como los EE.UU., Alemania, Japón, Corea del Sur, liderando la dirección de la investigación en este campo especial (Zhang, 2015). General Motors, Toyota y otras empresas de automóviles han desarrollado vehículos eléctricos equipados con sistemas de gestión de baterías BMS que han alcanzado el nivel de producto industrial.

2.9. Analizador de baterías computarizado

2.9.1. Capacidades

Analiza científicamente el rendimiento de la batería:

- Prueba de capacidad de la batería de corriente constante con resultados mostrados gráficamente, prueba de alimentación constante compatible con la actualización de software extendida
- La corriente de descarga es regulada electrónicamente y a través de software con un interruptor de estado sólido y carga electrónica refrigerada por ventilador
- Prueba cualquier tipo de batería; desde celda automotriz o del tipo más grande. Prestablecida para NiCad, NiMH, ácido de plomo, Li-Ion, Li-Poli, Alcalino, Zinc de Carbono, Mercurio, etc.
- Capacidad de generación de perfiles de células solares
- Capacidades de prueba de corriente más bajas: hasta 10 mA (Siegesmund, 2018)



Figura 24. Analizador de baterías computarizado

Fuente: (West Mountain Radio, 2017)

2.9.2. Pruebas rápidas y de alta potencia

- Realiza pruebas rápidamente en condiciones de carga en el mundo real, hasta 150 vatios o 40 amperios como máximo, lo que sea mayor
- Prueba de alto voltaje a hasta 55 voltios; el equivalente de 1 a 38 células NiCad o NiMh
- Amplificadores opcionales de 500 vatios y 1000 vatios (Siegesmund, 2018)

2.9.3. Precisión para aplicaciones exigentes

- Datos de certificación de calibración provistos con CBA IV Pro
- La computadora a bordo realiza mediciones precisas con una resolución efectiva de 12 bits. Rango automático para 2 rangos de corriente y tres voltajes
- Cada CBA se calibra individualmente con un sistema de calibración computarizado

Las características de seguridad incorporadas proporcionan una protección superior de la batería

- Fail safe: protección automática de temperatura, corriente y potencia *
- El watchdog de seguridad detiene una descarga en caso de que se cuelgue la computadora. *
- El usuario de la prueba de descarga puede seleccionarse de 0 a 40 amperios

- El voltaje automático se desconecta al final de la prueba usando un software recomendado o voltaje de descarga seguro seleccionado por el usuario
- La sobre temperatura automática se apaga al final de la prueba al usar la temperatura máxima recomendada o seleccionada por el usuario con el sensor de temperatura magnético externo opcional.

2.9.4. Software estándar para el análisis de datos

- Química de celda de batería seleccionada por el usuario, número de celdas y corriente de prueba
- El software recomienda pruebas seguras basadas en la información de la batería suministrada por el usuario
- Configuración y escalado automático de gráficos
- Mide y muestra voltaje, corriente, amperios-hora, vatios y temperatura *
- Las comparaciones fáciles de superposición de gráficos múltiples pueden mostrarse guardadas y recuperadas
- Interfaz USB de alta velocidad Plug and Play, con software de Windows® fácil de usar e intuitivo suministrado en CD ROM (Siegesmund, 2018)

CAPÍTULO III

DISEÑO DE MÓDULOS DE CORRIENTE CONTINUA PARA CELDAS INDIVIDUALES Y BATERIAS COMPLETAS

En este capítulo se presenta los cálculos realizados y el procedimiento para el diseño, selección de materiales, diagramas eléctricos, y circuito final de dos módulos de corriente continua para celdas de un voltaje de 0 a 18 voltios y baterías completas de hasta 150 voltios.

3. Levantamiento de requerimientos para el módulo de corriente continua

3.1. Datos iniciales

La información inicial para la construcción del módulo de corriente continua se detalla en la tabla 4

Tabla 4

Datos iniciales de la batería HV del vehículo Toyota Prius

Parámetro	Valor
Tensión del conjunto de la batería	201.6 voltios
Voltaje total del conjunto (+ 20%)	241,9 voltios
Numero de celdas de baterías Ni MH que forma el paquete	28
Peso del conjunto de la batería	36 Kg (86 Libras)
Tensión del módulo de batería de Ni MH	7.2 voltios
Dimensiones del módulo de la batería de Ni MH	276 x 20 x 106 mm 11 x 1 x 4 in
Peso del módulo de la batería de Ni MH	1.040 gramos (2,3 Libras)

3.2. Análisis del módulo de la batería de alta tensión del vehículo Toyota Prius

[Toyota Motor Corporation, 2014] da a conocer que “El conjunto de la batería del HV se encuentra sellado en una caja metálica acoplada al travesaño de la bandeja del piso del compartimento de equipajes, que está aislada de la alta tensión y oculta por un revestimiento de tela.”

El electrolito utilizado en los módulos de baterías de *Ni MH* es una mezcla alcalina de hidróxido de sodio y potasio. El electrolito es absorbido por las placas de las celdas de la batería y forma un gel; es muy poco probable que se produzca una fuga, incluso en caso de colisión.

3.3. Circuitos del módulo de corriente continua para una batería completa.

El circuito del módulo de corriente continua tiene la función de recargar una batería de hasta 150 voltios, conectándolo a una red eléctrica de 110 voltios de corriente alterna, de tal manera que se puede seleccionar una carga rápida a 1.5 amperios o una carga normal a 1 amperio.

Al realizar los cálculos necesarios, se debe considerar como un valor técnico, siendo necesario consultar la disponibilidad del elemento en el mercado, y de no existir, seleccionar uno con características similares.

3.4. Funcionamiento del circuito del módulo de carga para baterías de 150 V.

El circuito está compuesto de los siguientes elementos:

- Puente rectificador de diodos
- 1 Condensador 220uF, 400V
- 1 Condensador de 1000uF, 50 V
- 5 Resistencias de 20W/10ohm
- 1 Transformador de 110 a 12 V
- 1 Relé de 12 voltios
- Puente de diodos
- 1 Regulador de voltaje L7812
- 1 Display medidor de corriente de 5A a 300 V
- 2 Ventiladores

3.4.1. Cálculo para la selección de elementos eléctricos

Para poder diseñar un cargador de baterías es necesario relacionar el voltaje de 110 VAC, la cual posee una corriente que fluctúa en 8.1 amperios.

EL principal objetivo de calcular los rangos de funcionamiento es el determinar las dimensiones de los componentes del módulo de corriente continua

Voltaje máximo

Primero se debe considerar el voltaje de alimentación del módulo de corriente continua, siendo necesario hallar el voltaje máximo o también conocido como voltaje pico.

$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

Ecuación 1: Voltaje de alimentación para el cargador

$$V_p = \sqrt{2} * V_{rms}$$

Donde

V_{rms} = Voltaje de alimentación

V_p = Voltaje pico de carga

El voltaje V_{rms} es la alimentación de 110 VAC que va a ingresar al sistema eléctrico del módulo de corriente continua

$$V_p = \sqrt{2} * 110 \text{ V}$$

$$V_p = 155.563 \text{ V}$$

Al tratarse de corriente alterna, se tiene un voltaje de cuya curva es de forma senoidal, por lo cual, el voltaje pico (V_p) representa el máximo voltaje positivo.

El cargador a construir debe tener ingreso de corriente continua, por lo cual se utiliza un puente rectificador de diodos, cuya aproximación es de 1.4V. Con el valor mencionado se puede obtener el voltaje de carga con corriente continua:

$$V_{CC} = V_p - V_D$$

Ecuación 2: Voltaje de corriente continua

Donde:

V_{CC} = Voltaje con corriente continua

V_p = Voltaje pico

V_D = Voltaje del diodo que compone el puente rectificador

$$V_{CC} = 155.563 V - 1.4 V$$

$$V_{CC} = 154.163 V$$

Este voltaje será con el cual se va a cargar un pack de módulos de igual voltaje

Para configurar la corriente de carga utiliza resistencias de potencia, denominadas de “Tiza”, que tienen gran capacidad de disipar calor.

Además, es necesario el diseño de dos circuitos, de tal manera que, a través de un selector, se pueda indicar si se desea una carga normal o una carga rápida.

Determinación del circuito para una carga normal.

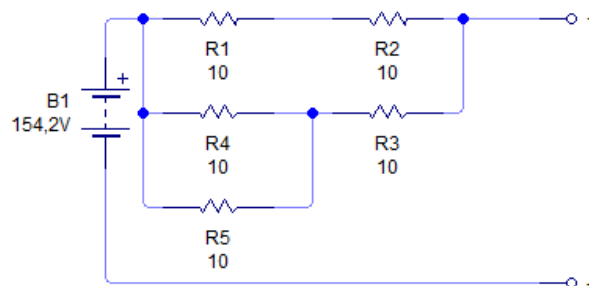


Figura 25. Circuito de carga normal

Para la carga normal, se utiliza 5 resistencias conectadas en serie y paralelo como muestra la figura 25.

Se debe resolver el circuito para determinar la resistencia equivalente, procediendo con los siguientes cálculos

$$\frac{1}{R_{T1}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$$

Ecuación 3: Resistencia equivalente de las resistencias en paralelo

Donde:

R_{T1} = Resistencia equivalente de las resistencias en paralelo

$R_4 - R_5$ = Resistencias del circuito de 10 ohm

$$\frac{1}{R_{T1}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{R_{T1}} = \frac{1}{5}$$

$$R_{T1} = 5\Omega$$

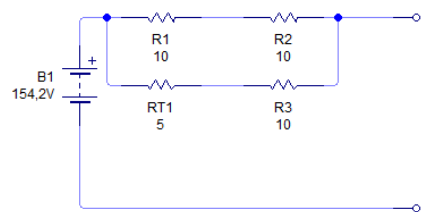


Figura 26. Reducción y resolución de circuito

$$R_{T2} = R_{T1} + R_3$$

$$R_{T2} = 5 + 10$$

$$R_{T2} = 15 \Omega$$

$$R_{T3} = R_1 + R_2$$

$$R_{T3} = 10 + 10$$

$$R_{T3} = 20 \Omega$$

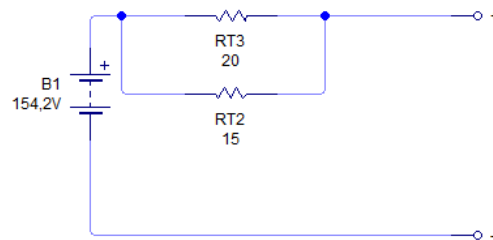


Figura 27. Reducción y resolución de circuito

$$\frac{1}{R_{T4}} = \frac{1}{R_{T2}} + \frac{1}{R_{T3}}$$

$$\frac{1}{R_{T4}} = \frac{1}{15} + \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{R_{T4}} = \frac{7}{60}$$

$$R_{T4} = 8.57\Omega$$

Con divisores de tensión se obtiene los siguientes resultados partiendo de la figura 25

$$V_{RT1} = \frac{R_{T1}}{R_{T1} + R_3} * V_{CC}$$

Ecuación 4: Voltaje que cae en la resistencia total 1

Donde:

V_{RT1} = Voltaje que cae en la resistencia equivalente 1

V_{CC} = Voltaje de corriente continua

$R_{T1} - R_3$ = Resistencias utilizadas de 10 ohm

$$V_{RT1} = \frac{5}{5 + 10} * 154.163 V$$

$$V_{RT1} = 51.39 V$$

Ahora el voltaje que cae en la resistencia R_3

$$V_3 = \frac{R_3}{R_{T1} + R_3} * V_{RT1}$$

$$V_3 = \frac{10}{5 + 10} * 51.39V$$

$$V_3 = 34.26 V$$

Con la ley de ohm se obtiene el valor de la corriente de carga

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{34.26V}{4 * 8.57}$$

$$I = 1A$$

Para una carga rápida, se configura el circuito como se muestra en la figura 28.

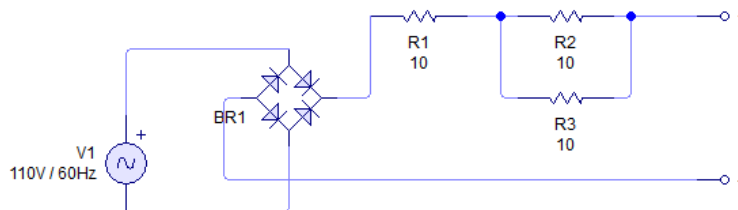


Figura 28. Configuración del circuito para una carga rápida

$$\frac{1}{R_{T1}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Ecuación 5: Resistencia resultante de resistencias en paralelo

$$\frac{1}{R_{T1}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{R_{T1}} = \frac{2}{10}$$

$$\frac{1}{R_{T1}} = \frac{1}{5}$$

$$R_{T1} = 5\Omega$$

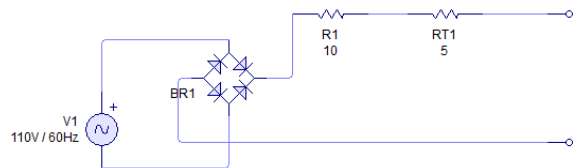


Figura 29. Resolución de las resistencias en paralelo del circuito

$$R_{T2} = R1 + R_{T1}$$

Ecuación 6: Resistencia resultante de las resistencias en serie

$$R_{T2} = 10 + 5$$

$$R_{T2} = 15\Omega$$

Ahora se debe determinar el voltaje que llega a la salida del cargador, este valor será determinado con las siguientes ecuaciones.

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_{T1}} * V_{CC}$$

Donde:

V_1 = Voltaje que cae en la resistencia 1 (V)

R_1 = Resistencia 1 (Ohm)

R_{T1} = Resistencia total 1 (Ohm)

V_{CC} = Voltaje de corriente continua

$$V_1 = \frac{10 \Omega}{(10 + 5)\Omega} * 154.163 V$$

$$V_1 = 102.77 V$$

Mientras que el voltaje que cae en la resistencia total 1 (R_{T1}) es determinada por la siguiente ecuación.

$$V_2 = \frac{R_{T1}}{R_1 + R_{T1}} * V_1$$

Donde:

V_2 = Voltaje que cae en la resistencia 1 (V)

R_1 = Resistencia 1 (Ohm)

R_{T1} = Resistencia total 1 (Ohm)

Reemplazando los valores donde se obtiene el siguiente resultado

$$V_2 = \frac{5 \Omega}{(10 + 5)\Omega} * 102.77 V$$

$$V_2 = 34.26 V$$

Finalmente queda determinar la corriente que llega al cargador de la batería con la siguiente ecuación.

$$V = I * R$$

Ecuación 7: Ley de ohm

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{34.26V}{2 * 15 \Omega}$$

$$I = 1.14 A$$

Finalmente se diseña el circuito en un software de simulación, incluyendo todos los elementos como se muestra en la figura 30.

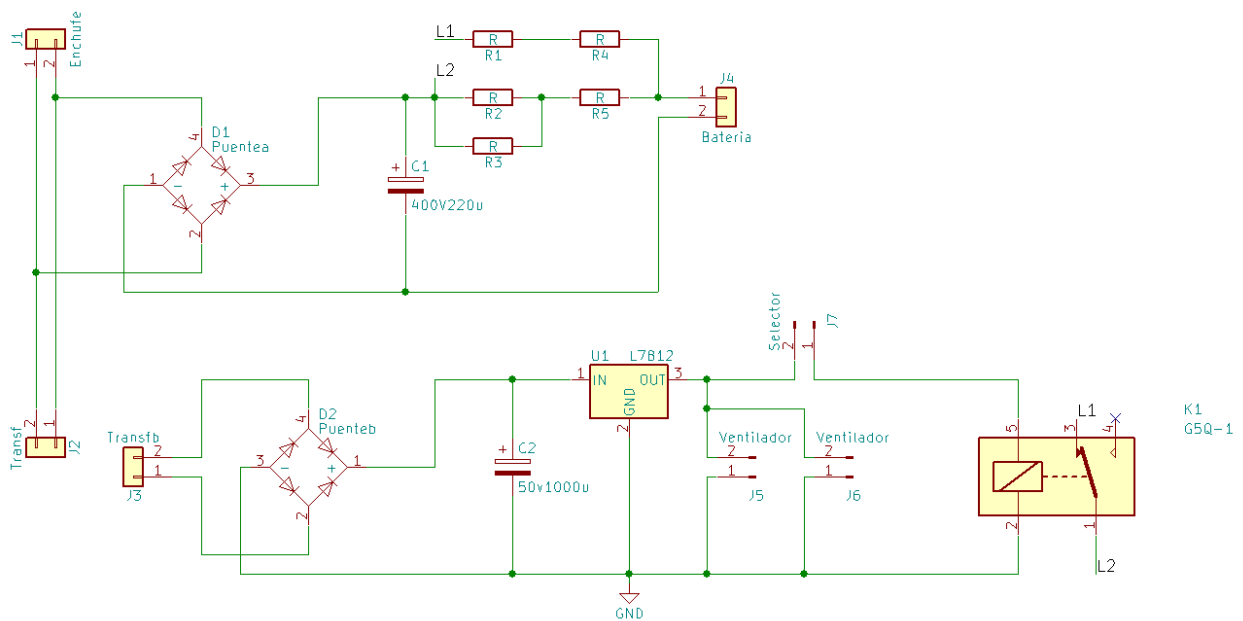


Figura 30. Circuito del cargador de baterías HV de 150 V

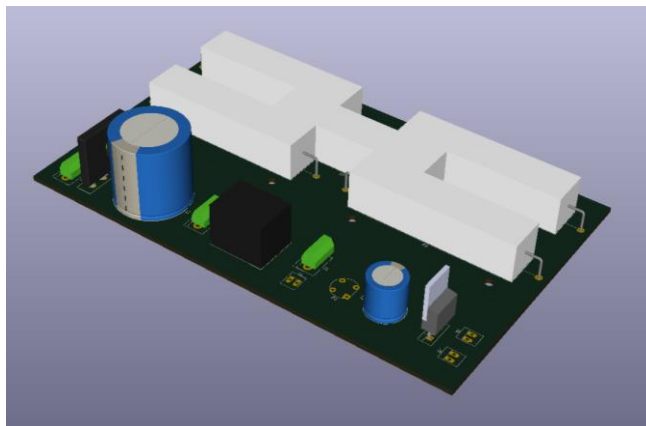


Figura 31. Circuito 3D del cargador de baterías HV de 150 V

3.5. Funcionamiento del circuito del módulo de corriente continua para baterías de hasta 20V.

El circuito del módulo de corriente continua tiene la función de recargar módulos de baterías HV individuales, con una corriente constante que se ajusta al iniciar la prueba pudiendo establecerse desde 0.7 A hasta 2.5 Amperios, para módulos de hasta 20 voltios.

3.5.1. Funcionamiento del circuito del módulo de corriente continua para baterías de hasta 20 V.

El circuito está compuesto de los siguientes elementos:

- 1 Adaptador universal AC/DC
- 1 Transistor de potencia 2N3055
- 2 Transistores 2N3904

- 1 Amplificador operacional LM358
- 2 Resistencias de 5W/220ohm
- 1 Display voltímetro amperímetro de corriente continua
- 1 Potenciómetro
- 1 Ventilador de 12 V

3.5.2. Descripción del funcionamiento

El circuito funcionamiento del circuito se basa en un amplificador operacional, el cual modifica el voltaje de entrada conforme la batería se va cargando, pudiendo de esta forma conservar una corriente constante.

Al ser un circuito de carga, se debe ganar corriente, esto se logra gracias a la configuración Darlington, la cual se caracteriza por tener varios transistores conectados como se muestra en la figura. La ganancia total del Darlington es el producto de la ganancia de los transistores individuales

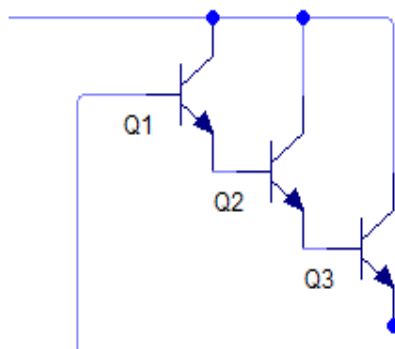


Figura 32 Circuito Darlington

3.5.3. Procedimiento para implementar los circuitos en una placa de baquelita

1. Exportar las simulaciones de los circuitos a un diseñador de circuitos PCB
2. Imprimir el circuito diseñado en papel fotográfico, utilizando una impresora a laser
3. Recortar la placa de baquelita de acuerdo a las dimensiones del circuito diseñado
4. Con la ayuda de una lija 1000, limpiar la placa de baquelita, y luego limpiar con alcohol, removiendo todas las impurezas
5. Fijar el circuito impreso a la sobre el lado de cobre de la placa de baquelita con ayuda de cinta adherente.
6. Calentar una plancha y colocarla sobre el circuito impreso durante 8 minutos
7. En un recipiente de plástico, colocar la placa de baquelita con el circuito ya impreso, y llenar de agua hasta la mitad del mismo
8. Retirar el papel fotográfico, evitando tocar la placa de baquelita con los dedos, para evitar que las líneas del circuito se borren.
9. Para quemar la baquelita, es necesario preparar una mezcla de agua con cloruro férrico
10. Finalmente, se debe realizar las perforaciones necesarias para implementar los componentes eléctricos a la placa de baquelita.

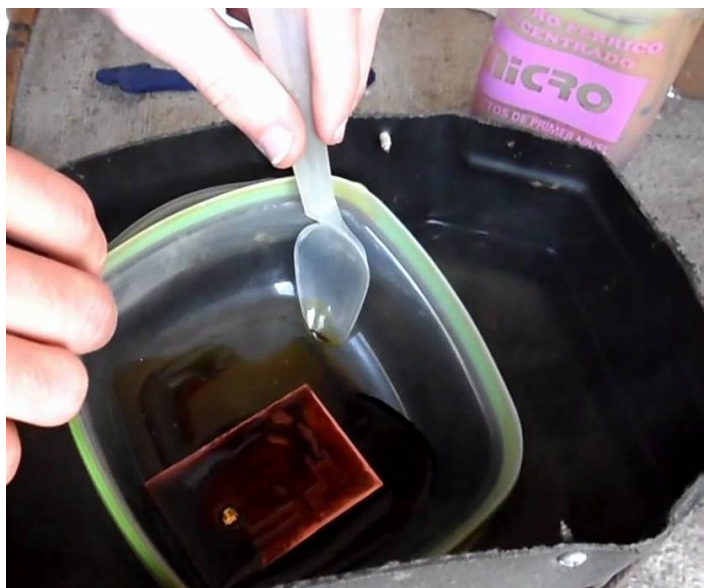


Figura 33. Procedimiento de grabado de los circuitos en la placa de baquelita

Para el módulo de carga de baterías de 150 voltios se diseñó la siguiente placa

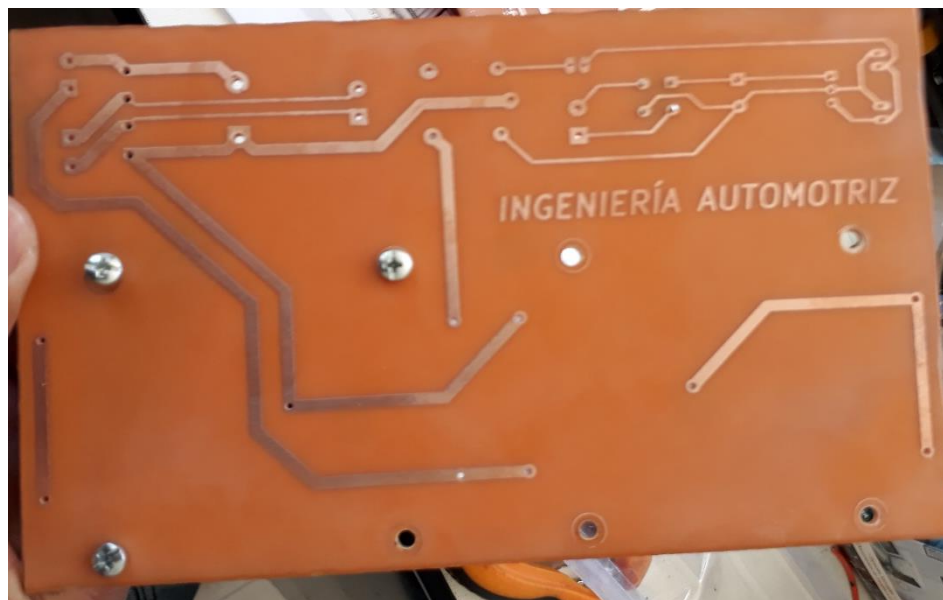


Figura 34. Placa de baquelita con circuito de módulo de carga (baterías de 150 V)

Al finalizar la implementación de todos los elementos electrónicos, se diseñó una caja de proyectos, obteniendo los siguientes resultados



Figura 35. Módulo de carga para baterías HV de 150 voltios

3.6. Ecuador de baterías

El ecualizador de baterías es un instrumento dedicado a nivelar la carga de las celdas que componen la batería de alta tensión, dicho ecualizador debe tener la capacidad de conducir electricidad, además de acomodarse a las dimensiones de dichas celdas.

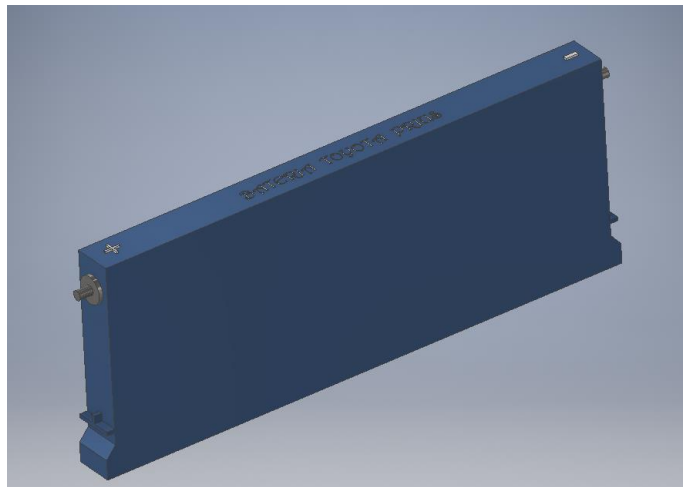
3.6.1. Levantamiento de requerimientos para el diseño del ecualizador

Para poder construir un ecualizador es necesario conocer las dimensiones de las celdas de la batería de alta tensión, dichas medidas se detallan a continuación.

Tabla 5*Dimensiones del módulo de la batería HV*

Dimensiones	mm	in
Ancho	276	11
Espesor	20	1
Alto	106	4

Una vez especificado las dimensiones del módulo, es necesario simular las dimensiones en un software CAD 3D, para lo cual se puede utilizar el programa INVENTOR PRO

**Figura 36.** Simulación de las dimensiones de un módulo de la batería HV

3.6.2. Cálculos de las dimensiones del ecualizador de módulos de una batería HV

Para los módulos de la batería HV del vehículo Toyota Prius.

$$A_B = A + 2(K_A)$$

Ecuación 8: Relación de dimensiones de la base del ecualizador

Donde:

A_B = Ancho de la base del ecualizador

A = Ancho del módulo de la batería

K_A = Constante de incremento proporcional

$$A_B = A + 2(K_A)$$

$$A_B = 276 \text{ mm} + 2(39.5\text{mm})$$

$$A_B = 355 \text{ mm}$$

Para determinar el largo de la base del ecualizador, se procede a utilizar la siguiente ecuación

$$L_B = N * E_M + 2(K_L)$$

Donde:

L_B = Largo de la base del ecualizador

N = Numero de módulos a ecualizarse

E_M = Espesor del módulo

K_L = Constante de incremento proporcional

Para nuestro proyecto el número de módulos

$$L_B = N * E_M + 2(K_L)$$

$$L_B = 12 * 20 + 2(52.5)$$

$$L_B = 345 \text{ mm}$$

Una vez determinado las dimensiones de la base del ecualizador es necesario dimensionar el apoyo donde serán colocados los módulos para ecualizar su carga, siendo seleccionado como material, ángulo de aluminio de $13 \times 25.5 \text{ mm}$

Distancia de perforación

Para las perforaciones de los pernos, es necesario determinar la distancia adecuada para que el ángulo no presente flexión debido al peso de los módulos

$$F_M = m * g$$

Ecuación 9 Fuerza aplicada de un módulo

Donde:

F_M = Fuerza que genera el módulo de la batería

m = Masa del módulo

g = Gravedad igual a 9.81 m/s^2

$$F_M = 1.04 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_M = 10.2024 \text{ N}$$

Una vez que se conoce el peso de cada módulo, es necesario conocer la fuerza que generaran los 12 módulos en el ecualizador

$$F_T = N * F_M$$

Ecuación 10 Fuerza total ejercida por 12 módulos

Donde:

F_T = Fuerza total ejercida

N = Número de celdas

$$F_T = N * F_M$$

$$F_T = 12 * 10.2024 N$$

$$F_T = 122.42 N$$

Una vez hallada la carga total de los módulos, es necesario calcular las dimensiones de la carga, ya que como se va a extender esta fuerza por todo el riel del equalizador, se asume que es una carga distribuida. Por lo tanto, se debe utilizar la siguiente ecuación.

$$C_C = b * h$$

Ecuación 11 Concentración de una carga distribuida

Donde:

C_C = Carga concentrada en N

b = Distancia por donde se distribuye la carga en m

h = Altura de la carga distribuida en $\frac{N}{m}$

Para determinar la altura de la carga se debe encontrar la distribución de la fuerza por cada metro que se extiende la misma.

$$h = \frac{F_T}{b}$$

Ecuación 12 Altura de una carga distribuida

$$h = \frac{122.42N}{0.24 m}$$

$$h = 510.083 \frac{N}{m}$$

Una vez encontrada la altura de la carga distribuida se procede a encontrar la fuerza de la carga concentrada.

$$C_C = b * h$$

$$C_C = 0.24m * 510.083 \frac{N}{m}$$

$$C_C = 122.42 N$$

Luego se grafica con ayuda de un software, la simulación de los pesos de las baterías para observar la distribución.

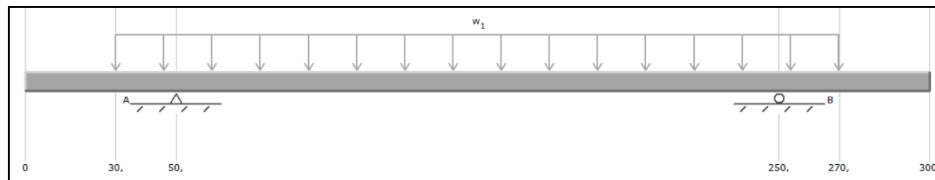


Figura 37. Distribución de la carga en el riel del ecualizador

Ahora se procede a comprobar en el diagrama de fuerzas, si la distribución de cargas es adecuada para los apoyos dimensionados a 50 mm desde el borde por cada lado.

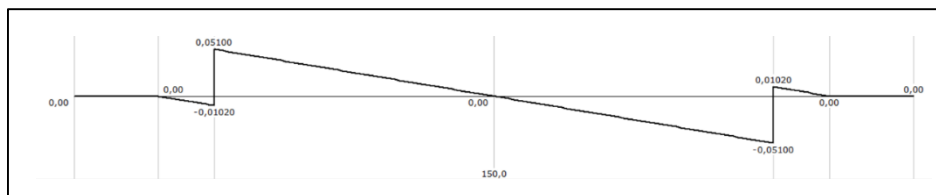


Figura 38. Diagrama de fuerzas en el riel del ecualizador

De acuerdo al análisis de la figura 37, se observa que hay un equilibrio entre las 12 celdas a ecualizarse, además de crearse una relación, donde mientras menos celdas haya agrupadas en el centro, disminuye la carga concentrada en el riel del ecualizador.

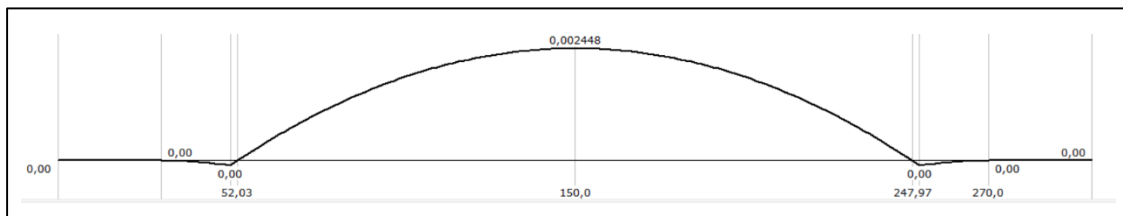


Figura 39. Diagrama de momentos en el riel del ecualizador

Como se observa en la figura 38, el momento máximo generado en el riel es $0.002448 \frac{N}{m}$, pudiendo asegurar que el diseño es óptimo y no presentara flexión con su máxima capacidad que es de 12 módulos.

Finalmente se simula nuestro ecualizador en un software CAD 3D Inventor.

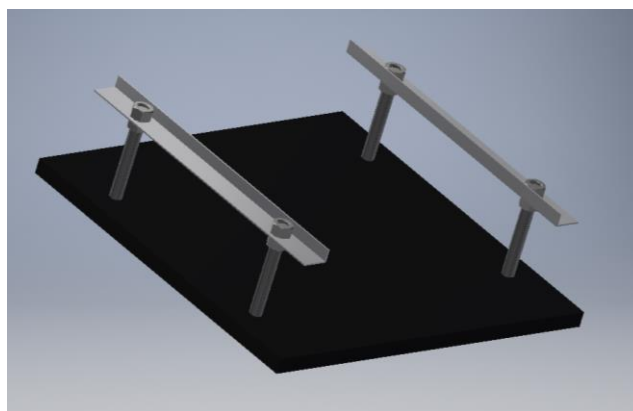


Figura 40. Ecualizador de módulos de batería HV

3.7. Determinación del estado de carga SOC de la Batería

$$\%SOC_t = \left(\frac{I_{carga} * t * 100\%}{C_{Batería}} \right) + \%SOC_{40\%}$$

Ecuación 13: Ecuación de estado de carga SOC

Donde

$\% SOC_t$ = Porcentaje de estado de carga de la batería (%)

t = Tiempo de carga (Horas)

I_{carga} = Corriente de carga de la batería (A)

$C_{Batería}$ = Capacidad de la batería

$\% SOC_{40\%}$ = Porcentaje de carga que conserva la batería

Reemplazando:

$$\%SOC_{0.25h} = \left(\frac{1.5A * 0.25 h * 100\%}{6.5 A - h} \right) + 40\%$$

$$\%SOC_{0.25h} = 45.77\%$$

Ahora, una batería debe tener un estado de carga del 80%, por lo cual, es necesario determinar el tiempo que debe transcurrir para que una batería se encuentre en el estado máximo de carga.

De la ecuación 9 se debe despejar el tiempo, obteniendo la siguiente fórmula.

$$t = \frac{C_{batería} * (\%SOC_t - \%SOC_{40\%})}{I_{carga} * 100\%}$$

Ecuación 14 Tiempo de carga para un determinado SOC

Como se indicó anteriormente, se debe obtener una carga completa, por lo cual, $\%SOC_t = 80\%$, entonces reemplazando se obtiene:

$$t = \frac{6.5A - h * (80\% - 40\%)}{1.5 A * 100\%}$$

$$t = 1.73h$$

Para determinar el tiempo en minutos, se debe establecer una relación entre horas y minutos, por lo cual se obtiene el siguiente tiempo

$$t_{\min} = \frac{60\min}{1 h} * 1.73 h$$

$$t_{\min} = 103.8 \min$$

3.8. Determinación del estado de descarga DSOC de la Batería

Para el estado de descarga (DSOC), se debe establecer una relación entre la capacidad de la batería, el tiempo que tarda su descarga y la intensidad de consumo. El módulo de la batería de alta tensión a utilizarse posee una capacidad de 6.5 Ah, y será descargado a 1.5 A hasta obtener 6 V. De modo que se obtiene la siguiente ecuación.

$$\%DSOC_t = 4 * \left(\frac{C_B}{I_D * t_D} \right)$$

Ecuación 15 Estado de descarga DSOC en función del tiempo

Donde

$\% DSOC_t$ = Porcentaje de estado de descarga de la batería (%)

t = Tiempo de carga (Horas)

I_D = Corriente de descarga de la batería (A)

C_B = Capacidad de la batería

Al reemplazar los datos de la batería T0 batería se obtiene:

$$t_D = 15.4 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.26 \text{ h}$$

$$\%DSOC_t = 4 * \left(\frac{6.5}{1.5 * 0.26} \right)$$

$$\%DSOC_t = 66.67 \%$$

CAPÍTULO IV

PROTOCOLO DE PRUEBAS

En este capítulo se establece un protocolo de pruebas para comprobar el estado de vida útil de distintos módulos, de los cuales se selecciona el mejor (el que entregue un voltaje aceptable dentro de la zona nominal) y se lo somete a otra prueba distinta con el objetivo de alargar la vida útil del mismo.

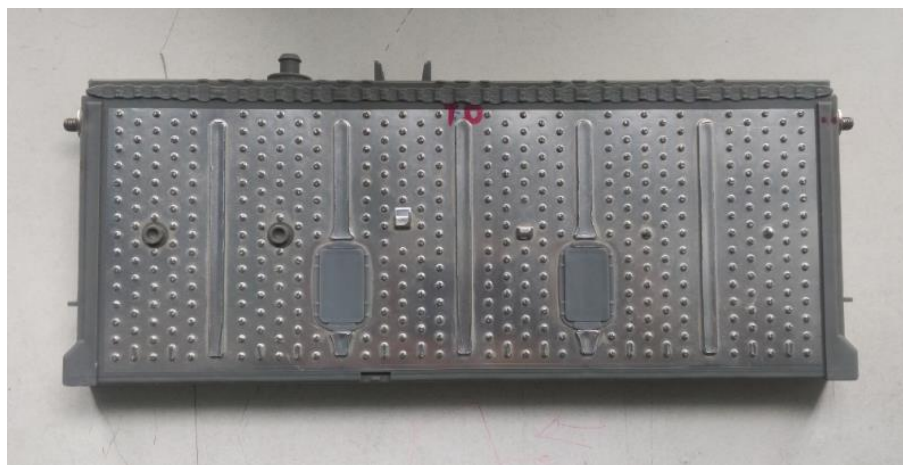


Figura 41. Módulo individual de batería

4. Protocolo de pruebas en baterías de Níquel – Hidruro Metálico

4.1. Carga de baterías de Níquel – Hidruro Metálico

Para realizar la prueba de carga de batería, se utiliza:

Varios módulos individuales de batería

Analizador de baterías CBA

Software “West Mountain Radio CBA”

Cable USB tipo A/B de impresora

Cables tipo lagarto

Para realizar la prueba de carga de baterías de níquel – hidruro metálico se debe seguir los siguientes ítems:

1. Encender el computador
2. Instalar y abrir el software “West Mountain Radio CBA”
3. Conectar el analizador de baterías CBA al computador
4. Escoger aleatoriamente un módulo de prueba y conectarlo al analizador mediante cables tipo lagarto.
5. Configurar el software para cargar la batería, a una tasa de 1.5 Ah, durante un tiempo máximo de 15 minutos
6. Conectar mediante lagartos el cargador de baterías a los bornes del módulo a ser cargado.
7. Configurar el cargador de baterías, en el modo de carga normal (1.5 A), y conectarlo al tomacorriente de la pared (110V).
8. Encender el cargador de baterías, con lo que inicia la prueba.
9. Después de los 15 minutos de carga, el software emite un sonido de advertencia de finalización de prueba, con lo que se debe desconectar el cargador, quitar los lagartos de los bornes, y almacenar los datos obtenidos.

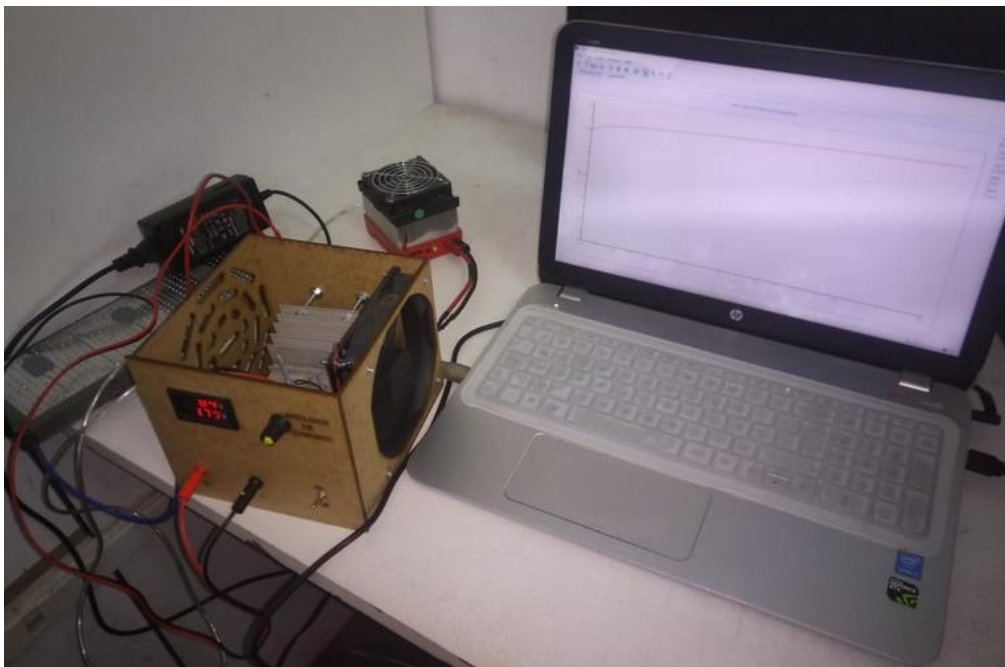


Figura 42. Prueba de carga y descarga en módulo unitario

Previo a realizar la correspondiente carga, para realizar la prueba de descarga de baterías de níquel – hidruro metálico se debe seguir los siguientes ítems:

- Configurar el software para descargar la batería, a una tasa de 1.5 A, hasta conseguir un voltaje mínimo de 6 voltios, independientemente del tiempo.
- Iniciar la prueba y esperar hasta que el software indique que la prueba finalizó mediante una señal visual y auditiva.
- Al concluir la prueba, desconectar los bornes de la batería, guardar la prueba y exportar sus correspondientes datos.
- Desconectar el analizador de la computadora.

4.2. Descripción de la prueba del módulo T1

4.2.1. Prueba de carga

Se determinó al azar los nombres de los distintos módulos (5 en total), comenzando de T1 hasta T5, con lo que se obtuvo los datos organizados de la siguiente manera:

- Para el primer módulo analizado, cuya duración de carga fue de 15 minutos, se toma los valores con una frecuencia de 1 dato por minuto, determinando así la curva correspondiente.

Tabla 6

Valores de voltaje de carga módulo T1

TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)	TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)
0:00:00	6,216	0:08:00	7,76
0:01:00	6,722	0:09:00	7,863
0:02:00	6,916	0:10:00	7,957
0:03:00	7,097	0:11:00	8,052
0:04:00	7,261	0:12:00	8,138
0:05:00	7,418	0:13:00	8,225
0:06:00	7,55	0:14:00	8,303
0:07:00	7,661	0:15:00	8,381

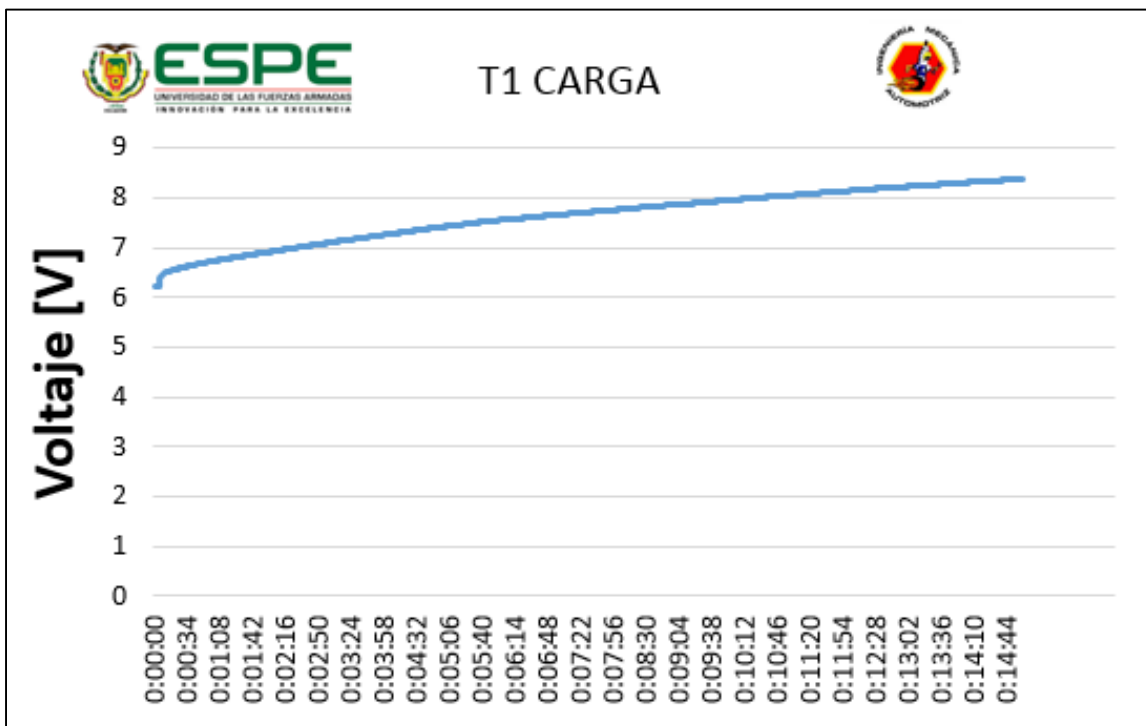


Figura 43. Proceso de carga del módulo T1

- La curva obtuvo un voltaje final de 8,38 voltios culminada la etapa de carga.

4.2.2. Prueba de descarga

Se estableció un voltaje mínimo de carga de 6 voltios al que debe llegar el módulo, independientemente del tiempo transcurrido, con lo cual se obtuvo los siguientes datos:

- Se obtuvo el voltaje mínimo del módulo, en un tiempo total de 15 minutos, en la curva se puede apreciar la forma de descarga que sufrió el módulo T1.

Tabla 7

Valores de voltaje de descarga módulo T1

TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)	TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)
0:00:00	7,809	0:08:00	6,994
0:01:00	7,48	0:09:00	6,92
0:02:00	7,377	0:10:00	6,837
0:03:00	7,294	0:11:00	6,743
0:04:00	7,229	0:12:00	6,632
0:05:00	7,175	0:13:00	6,512
0:06:00	7,117	0:14:00	6,381
0:07:00	7,06	0:15:00	6,216

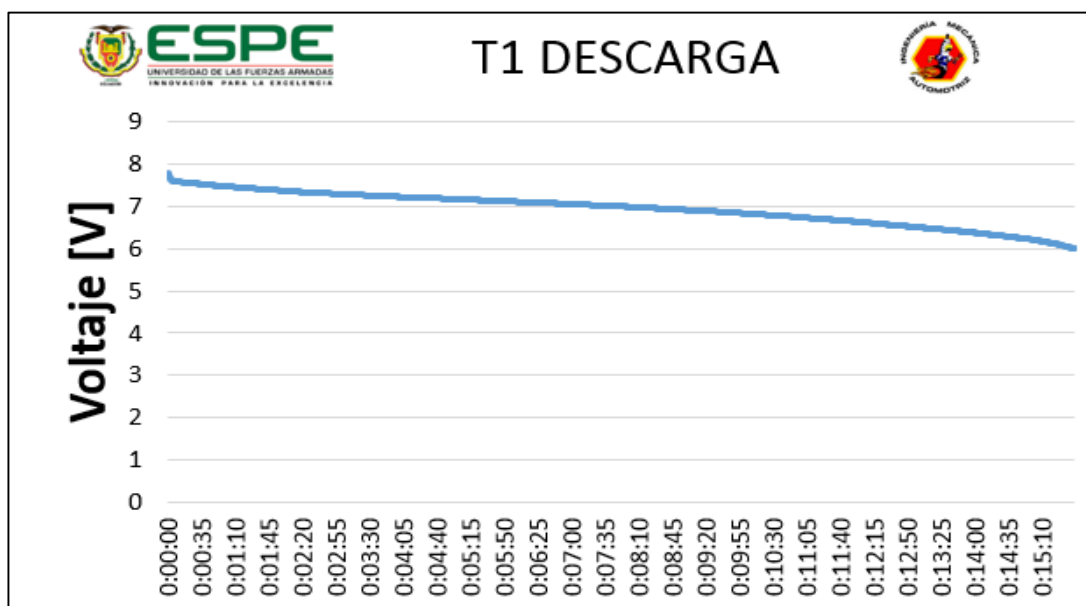


Figura 44. Proceso de descarga del módulo T1

4.3. Descripción de la prueba del módulo T2

4.3.1. Prueba de carga

Tabla 8

Valores de voltaje de carga módulo T2

TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)	TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)
0:00:00	5,487	0:08:00	8,426
0:01:00	8,019	0:09:00	8,447
0:02:00	8,13	0:10:00	8,459
0:03:00	8,217	0:11:00	8,468
0:04:00	8,278	0:12:00	8,48
0:05:00	8,332	0:13:00	8,484
0:06:00	8,369	0:14:00	8,492
0:07:00	8,398	0:15:00	8,496

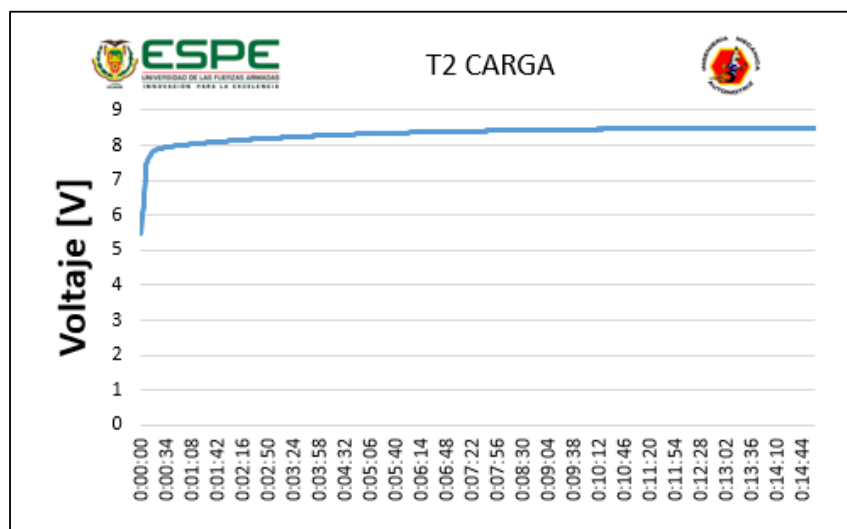


Figura 45. Proceso de carga del módulo T2

- Como se puede observar en la figura 45, la curva obtuvo un voltaje final de 8,496 voltios culminada la carga.

4.3.2. Prueba de descarga

Tabla 9

Valores de voltaje de descarga módulo T2

TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)	TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)
0:00:00	7,784	0:00:40	7,233
0:00:10	7,558	0:00:50	7,010
0:00:20	7,459	0:01:00	6,286
0:00:30	7,360	0:01:02	5,882

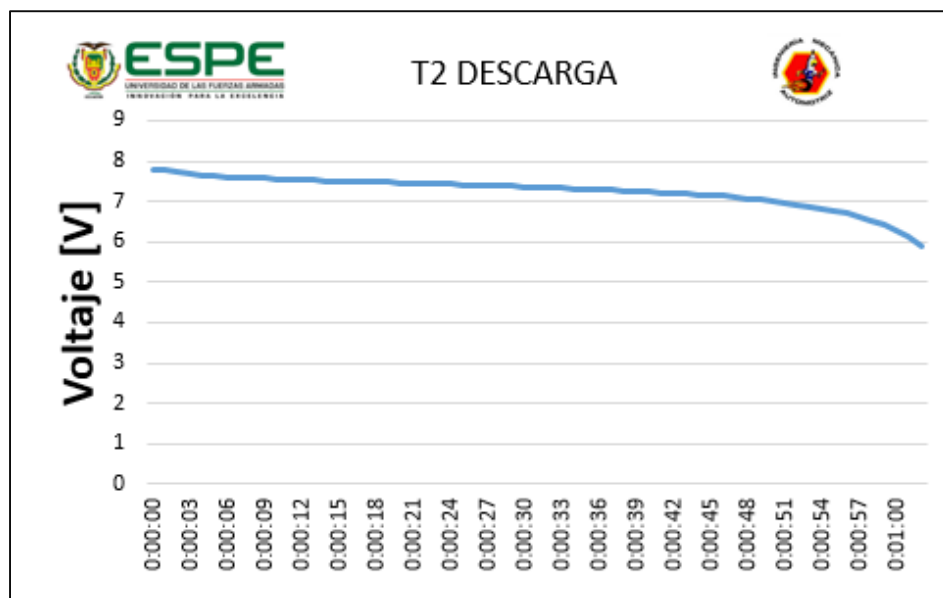


Figura 46. Proceso de descarga del módulo T2

- Se obtuvo el voltaje mínimo, en un tiempo total de 1 minuto, en la curva se puede apreciar la forma de descarga que sufrió el módulo T2

4.4. Descripción de la prueba del módulo T3

4.4.1. Prueba de carga

Tabla 10

Valores de voltaje de carga módulo T3

TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)	TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)
0:00:00	5,718	0:08:00	8,019
0:01:00	7,331	0:09:00	8,077
0:02:00	7,48	0:10:00	8,126
0:03:00	7,599	0:11:00	8,175
0:04:00	7,71	0:12:00	8,208
0:05:00	7,805	0:13:00	8,241
0:06:00	7,887	0:14:00	8,274
0:07:00	7,953	0:15:00	8,299

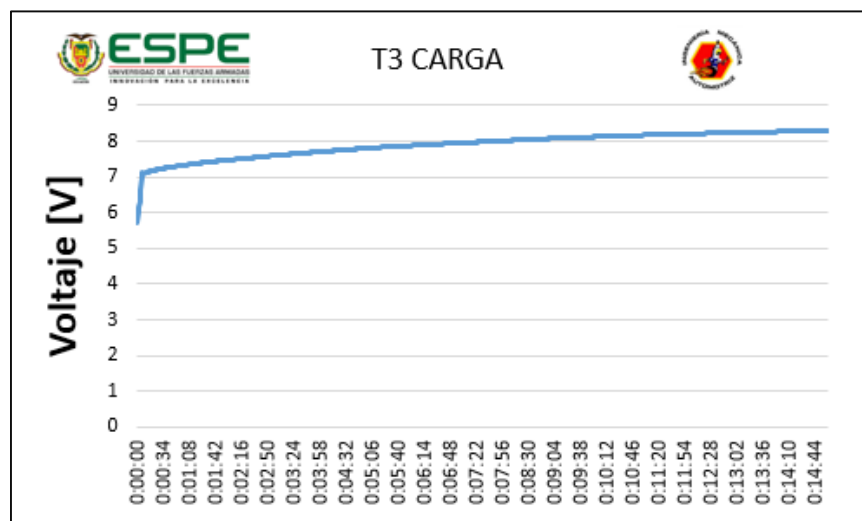


Figura 47. Proceso de carga del módulo T3

4.4.2. Prueba de descarga

Se estableció un voltaje mínimo de carga de 6 voltios al que debe llegar el módulo, independientemente del tiempo transcurrido, con lo cual se obtuvo los datos mostrados en la anterior tabla.

Se obtuvo el voltaje mínimo del módulo, en un tiempo total de 5 minutos, en la curva se puede apreciar la forma de descarga que sufrió el módulo T3.

Tabla 11

Valores de voltaje de descarga módulo T3

TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)	TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)
0:00:00	7,805	0:04:00	7,286
0:01:00	7,55	0:05:00	7,084
0:02:00	7,447	0:05:34	6,055
0:03:00	7,373		

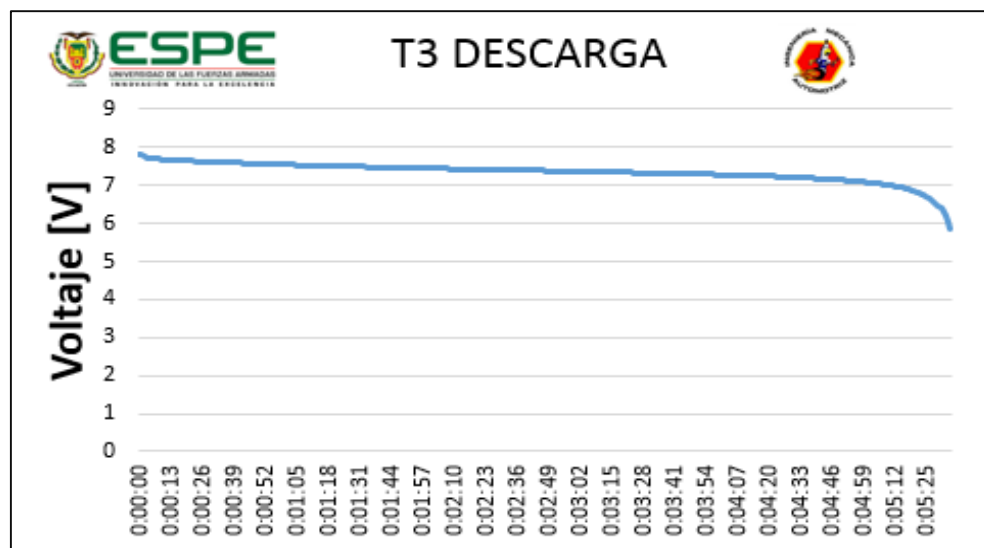


Figura 48. Proceso de descarga del módulo T3

4.5. Descripción de la prueba del módulo T4

4.5.1. Prueba de carga

Tabla 12

Valores de voltaje de carga módulo T4

TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)	TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)
0:00:00	6,562	0:08:00	8,414
0:01:00	8,167	0:09:00	8,426
0:02:00	8,249	0:10:00	8,431
0:03:00	8,307	0:11:00	8,439
0:04:00	8,348	0:12:00	8,443
0:05:00	8,377	0:13:00	8,447
0:06:00	8,394	0:14:00	8,455
0:07:00	8,406	0:15:00	8,464

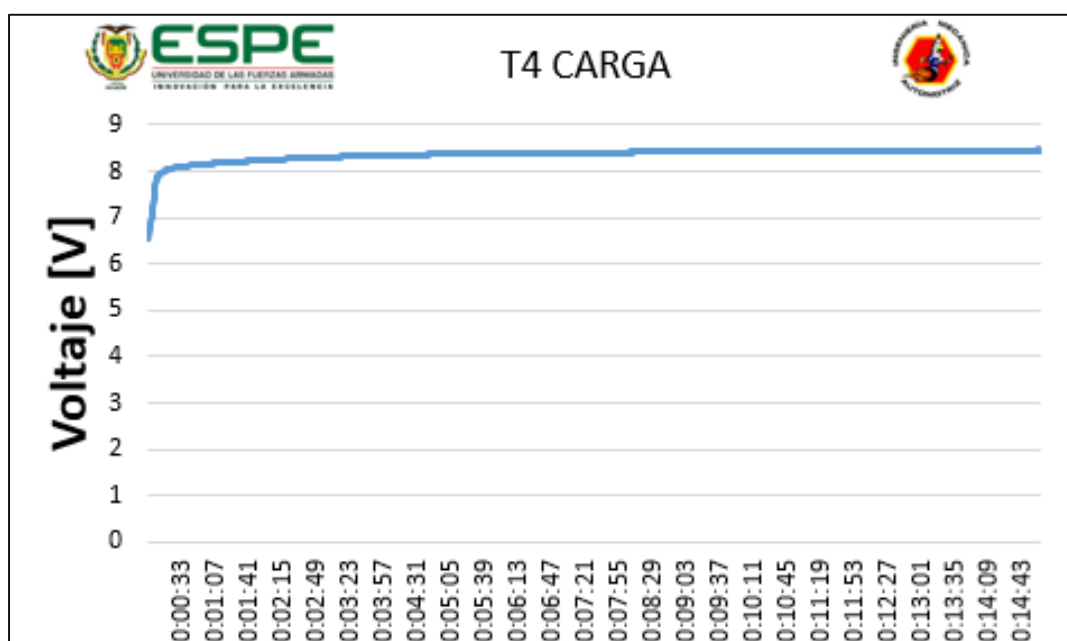


Figura 49. Proceso de carga del módulo T4

4.5.2. Prueba de descarga

Tabla 13

Valores de voltaje de descarga módulo T4

TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)	TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)
0:00:00	6,076	0:00:04	4,777
0:00:01	6,064	0:00:05	4,267
0:00:02	5,681	0:00:06	3,759
0:00:03	5,372	0:00:07	3,166

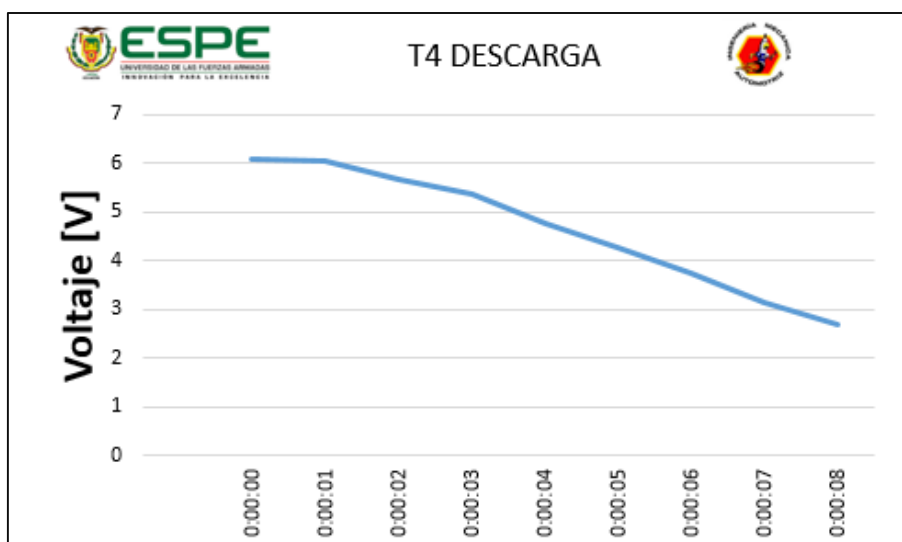


Figura 50. Proceso de descarga del módulo T4

Se estableció un voltaje mínimo de carga de 6 voltios al que debe llegar el módulo, independientemente del tiempo transcurrido, con lo cual se obtuvo los datos mostrados en la anterior tabla.

Se obtuvo el voltaje mínimo del módulo, en un tiempo total de 8 segundos, en la curva se puede apreciar la forma de descarga del módulo T4.

4.6. Descripción de la prueba del módulo T0

4.6.1. Prueba de carga

Tabla 14

Valores de voltaje de carga módulo T0

TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)	TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)
0:00:00	7,401	0:08:00	7,961
0:01:00	7,731	0:09:00	7,928
0:02:00	7,813	0:10:00	8,04
0:03:00	7,883	0:11:00	7,978
0:04:00	7,731	0:12:00	7,953
0:05:00	7,928	0:13:00	8,052
0:06:00	7,994	0:14:00	7,998
0:07:00	8,048	0:15:00	8,101

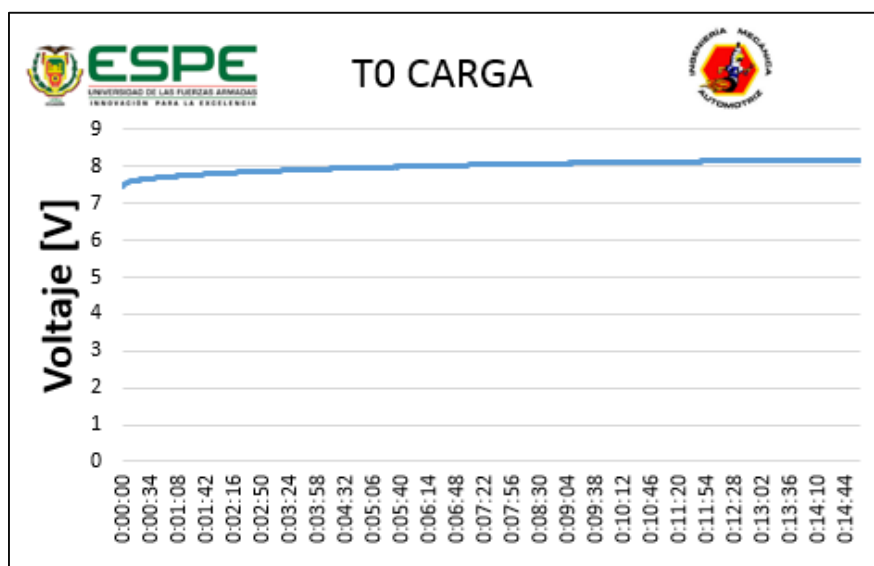


Figura 51. Proceso de carga del módulo T0

4.6.2. Prueba de descarga

Tabla 15

Valores de voltaje de descarga módulo T0

TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)	TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)
0:00:00	7,681	0:08:00	7,266
0:01:00	7,554	0:09:00	7,22
0:02:00	7,492	0:10:00	7,179
0:03:00	7,443	0:11:00	7,117
0:04:00	7,397	0:12:00	7,027
0:05:00	7,352	0:13:00	6,846
0:06:00	7,344	0:13:42	6,059
0:07:00	7,307		

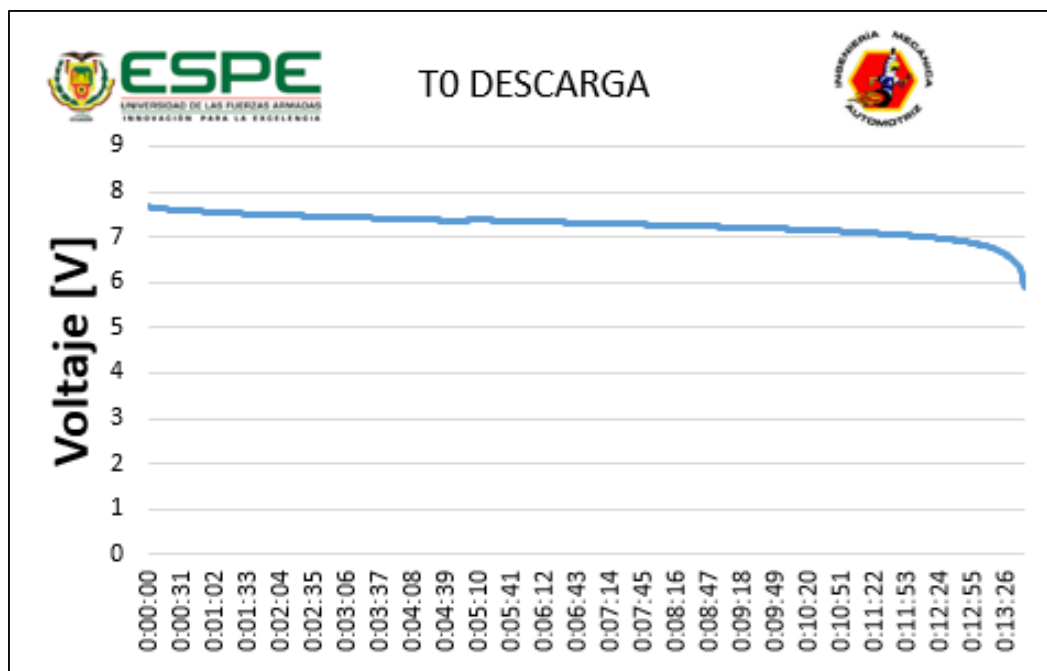


Figura 52. Proceso de descarga del módulo T0

Se estableció un voltaje mínimo de carga de 6 voltios al que debe llegar el módulo, independientemente del tiempo transcurrido, con lo cual se obtuvo los datos mostrados en la anterior tabla.

- Se obtuvo el voltaje mínimo del módulo, en un tiempo total de 13 minutos y 42 segundos, en la curva se puede apreciar la forma de descarga que sufrió el módulo T0.

4.7. Protocolo de pruebas de un módulo unitario

Para realizar la prueba de carga y descarga de un módulo unitario de batería, se utiliza:

Módulo individual de batería

Analizador de baterías CBA

Software “West Mountain Radio CBA”

Cable USB tipo A/B de impresora

Cables tipo lagarto

Para realizar la prueba de carga del módulo de níquel – hidruro metálico se debe seguir los siguientes ítems:

- Encender el computador
- Instalar y abrir el software “West Mountain Radio CBA”
- Conectar el analizador de baterías CBA al computador

- De las pruebas anteriores en el presente capítulo, se escoge el módulo con mayor duración de descarga, verificando tanto en las tablas como en las curvas correspondientes.
- Configurar el software para descargar el módulo de batería, a una tasa de 1.5 A, durante un tiempo máximo de 15 minutos.
- Conectar mediante lagartos el cargador de baterías a los bornes del módulo a ser cargado.
- Configurar el cargador de baterías, en el modo de carga normal (1.5 A), y conectarlo al tomacorriente de la pared (110V).
- Encender el cargador de baterías, con lo que inicia la prueba.
- Después de los 15 minutos de carga, el software emite un sonido de advertencia de finalización de prueba, con lo que se debe desconectar el cargador, quitar los lagartos de los bornes, y almacenar los datos obtenidos.
- Dejar reposar el módulo por 10 minutos.
- Configurar el software para descargar la batería, a una tasa de 1.5 A, hasta conseguir un voltaje mínimo de 6 voltios, independientemente del tiempo.
- Iniciar la prueba y esperar hasta que el software indique que la prueba finalizó mediante una señal visual y auditiva.
- Al concluir la prueba, desconectar los bornes de la batería, guardar la prueba y exportar sus correspondientes datos.

- Repetir este proceso por 9 veces, para así obtener datos de 9 pruebas de carga y 10 de descarga.
- Al finalizar todas las pruebas, desconectar el analizador de la computadora.

4.8. Carga de módulo de batería.

Después de analizar varios módulos de batería, se seleccionó el módulo T0, debido a que la forma de su curva indica que este, posee una zona nominal muy uniforme, es decir que entrega un voltaje similar por más tiempo que el resto de módulos.

Por lo tanto, se realiza la carga y descarga del módulo T0 por 9 veces, para luego analizar sus resultados, se debe tener en cuenta que todas las pruebas de carga no van a variar en mucho, por lo que todas las curvas de carga serán muy similares.

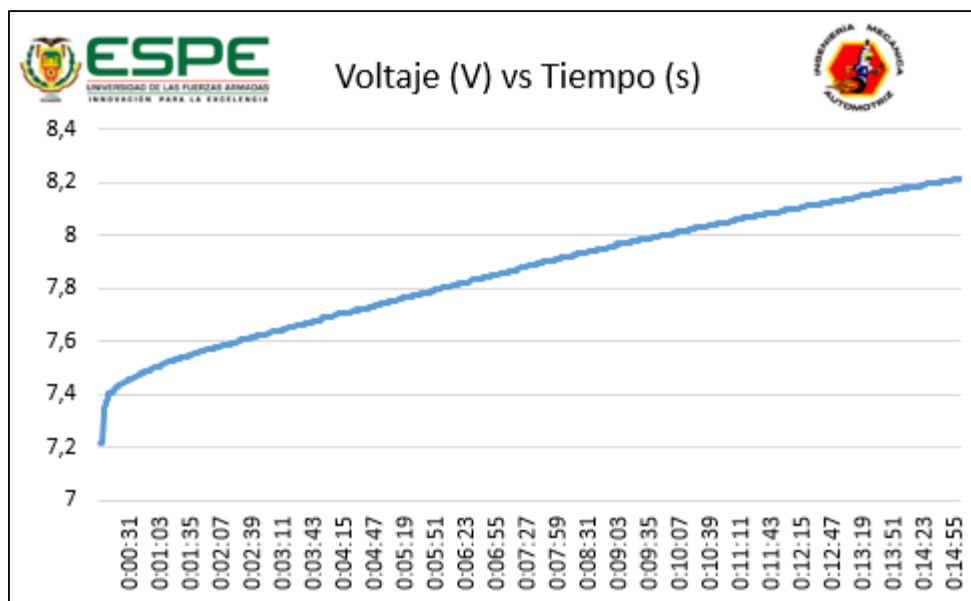


Figura 53. Curva de carga del módulo T0

4.9. Descarga de módulo de batería

Mediante la descarga del módulo, se determina que sucede con el tiempo máximo de capacidad de descarga del módulo. Cabe recalcar que esta prueba se realizó a una idéntica tasa de carga y descarga, que fue de 1.5 A.

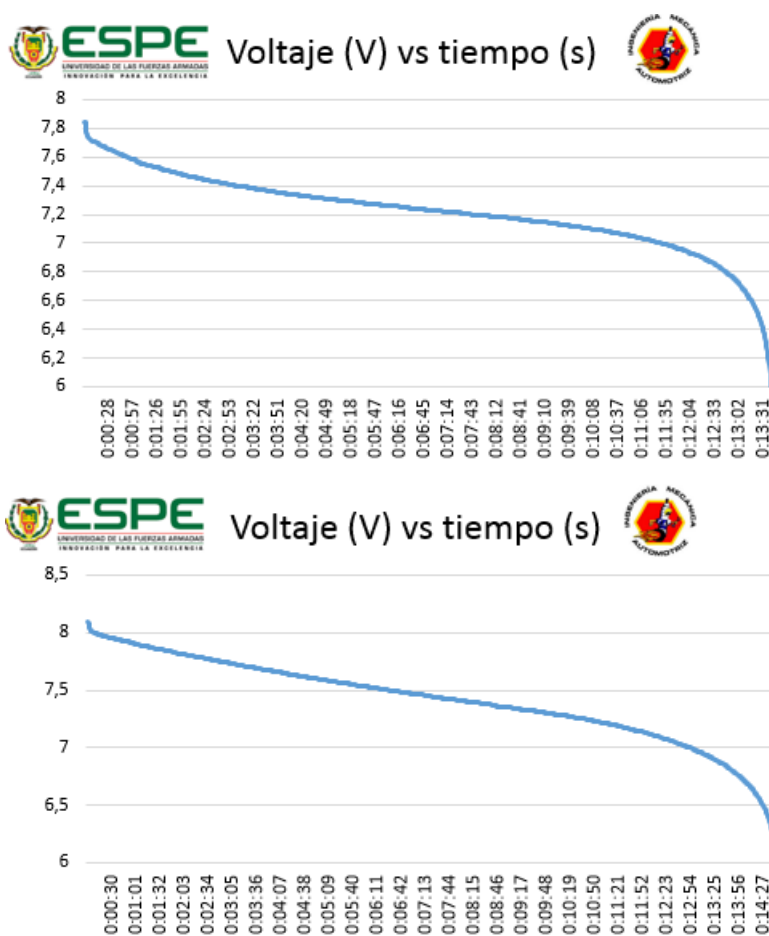


Figura 54. Prueba 1 y 2 de descarga T0

En la figura 54 se puede apreciar el tiempo de descarga inicial en la descarga 1, el cual fue de 13.31 min, mientras que en la descarga 2, el tiempo incremento a 14.27 min, dándonos una diferencia de 1 min.

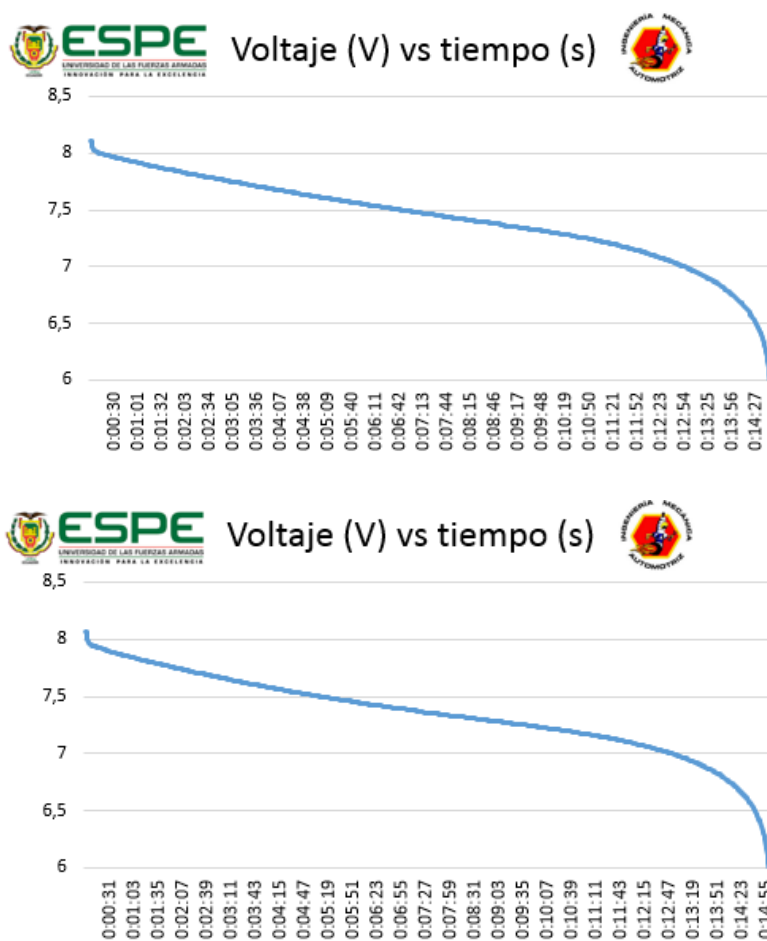


Figura 55. Prueba 5 y 6 de descarga T0

En la figura 54 se puede apreciar que el tiempo de descarga en la prueba 3, 4, y 6, es igual a 14.27 min, evidenciando que no ocurre un incremento de tiempo de descarga

hasta llegar a la prueba de descarga numero 6 donde se aprecia un tiempo de descarga igual a 14.55 min, donde se obtuvo un incremento de 28 seg.

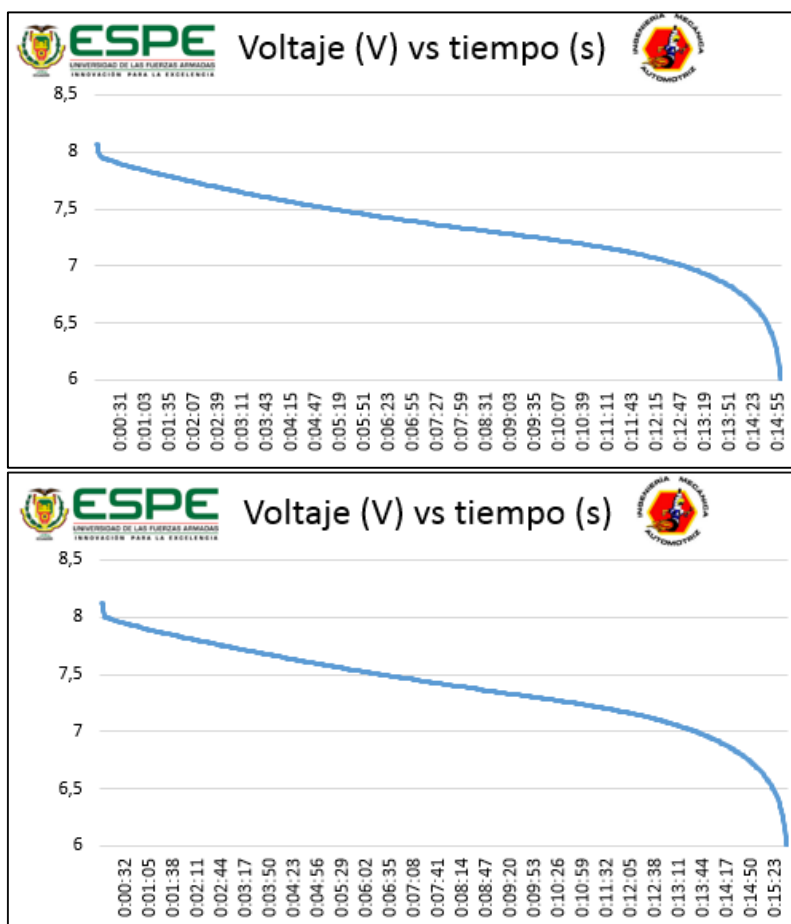


Figura 56. Prueba 9 y 10 de descarga T0

En la figura 56 se puede observar como a través del proceso de carga y descarga constantes, se obtuvo un tiempo final de descarga en la prueba número 10 de 15.23 min, que al compararlo con el tiempo de la primera prueba se tiene un aumento de 2 min aproximadamente.

4.10. Descarga de módulo en buen estado de Níquel – Hidruro Metálico

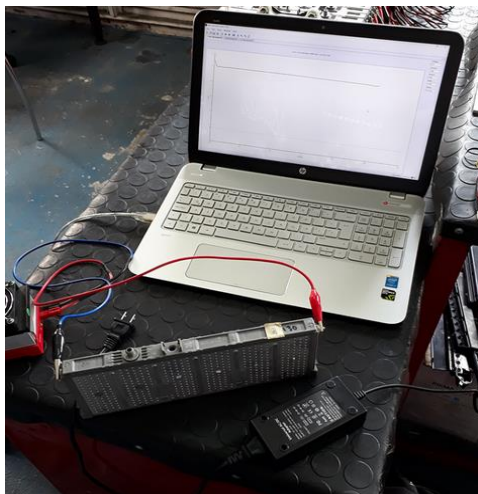


Figura 57. Análisis de módulo en buen estado, taller “C-tres”

Para realizar la respectiva comparación de parámetros como el voltaje y el tiempo de los módulos previamente analizados, se debe analizar la descarga de un módulo con un porcentaje de vida útil mayor a 95%, por lo que a continuación se muestra dicho análisis, que fue realizado en el centro especializado en vehículos híbridos “C-tres”.

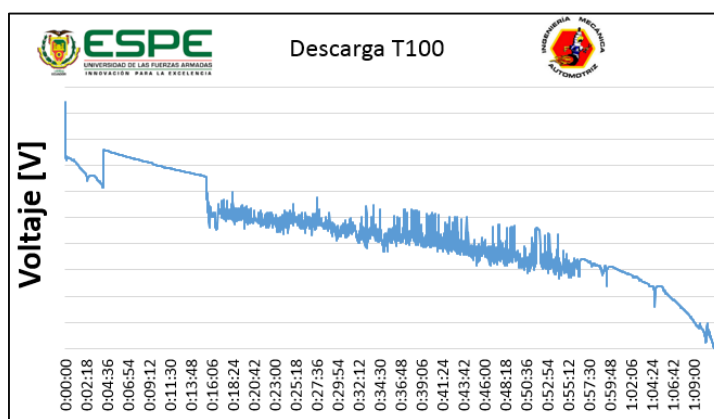


Figura 58. Curva de descarga del módulo T100

En la figura 57 se puede observar la curva de descarga de un módulo de baterías de alto voltaje del vehículo Toyota Prius, el cual tenía un porcentaje de vida del 95%, además, se puede observar que los picos generados fluctúan en la zona de voltaje nominal.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES REALIZADAS.

En este capítulo se analizaron los datos obtenidos de las respectivas pruebas realizadas en módulos individuales sacadas de un pack completo de batería, del vehículo Toyota Prius, para lo cual, con ayuda de un protocolo se comprobó el porcentaje de su vida útil y se compararan los resultados con otras baterías. También se analizó el aumento del porcentaje de vida útil de una celda sometida a carga y descarga constante con un idéntico amperaje.

5. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5.1. Análisis de módulos de batería de alta tensión

A continuación, se detallan los datos obtenidos de la carga y descarga de módulos individuales, obtenidos de un pack de batería del vehículo híbrido Toyota Prius, para determinar distintos parámetros como son el tiempo de carga y descarga de cada celda a una tasa de amperaje fijo, el voltaje entregado a determinado intervalo de tiempo, y la forma característica de cada curva para comparar con los datos de las demás celdas y concluir la validez de la mismo y su respectivo porcentaje de vida útil.

Las pruebas se realizarán con la ayuda del analizador de baterías, de la marca West Mountain, el cual nos permite elegir la tasa de amperaje, tanto en carga como en

descarga, y nos permite obtener los datos del voltaje de la celda en función del tiempo, y realiza la respectiva curva.

5.1.1. Análisis de voltajes de módulos con respecto al tiempo de carga

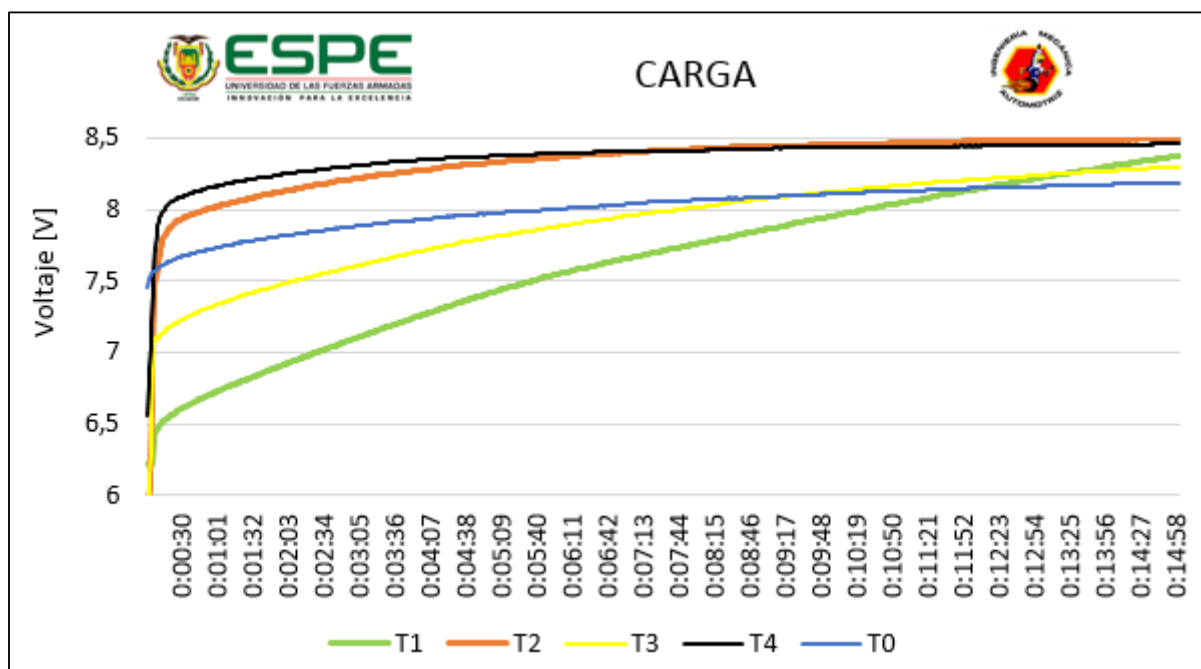


Figura 59. Curvas comparativas de voltaje vs tiempo de descarga

En la curva se aprecia los distintos tipos de curva de carga de los módulos utilizados de prueba, se puede ver que T2 y T0 elevan su voltaje con mucha facilidad, como se pudo ver anteriormente, estos dos módulos son los que menos tiempo de carga entregan, su principal problema es que carecen de la capacidad de almacenar carga, por lo que son los de menor vida útil.

5.1.2. Valores de voltajes al final de la carga

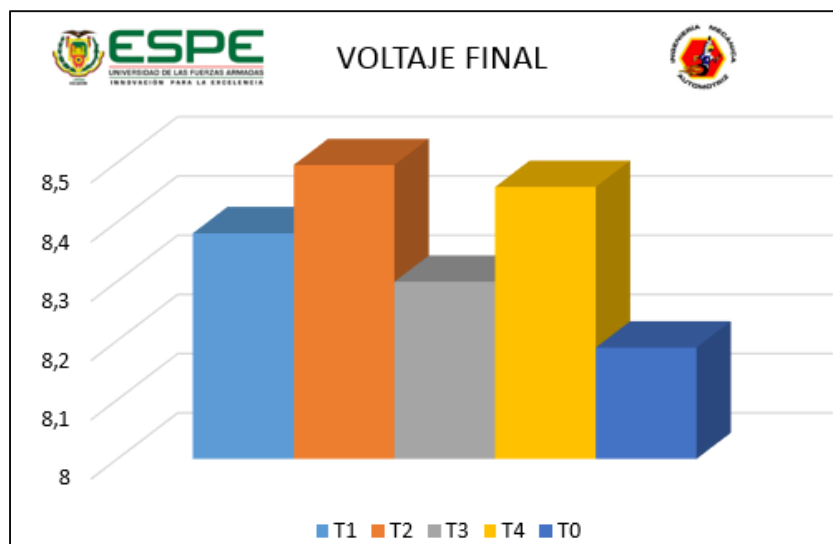


Figura 60. Voltaje al final de la carga

Evidentemente algunos módulos sobrepasan el voltaje nominal en demasía, por lo que se puede evidenciar que no están cumpliendo correctamente con su función, ya que no serán capaces de mantener dicho voltaje provocando pérdidas de energía.

5.1.3. Valores de tiempo al final de la descarga

Tabla 16

Tiempo total de descarga de módulos

	T1	T2	T3	T4	T0	T100
VOLTAJE	6V	6V	6V	6V	6V	6V
TIEMPO (mm:ss)	0:15:44	0:01:02	0:05:35	0:00:02	0:13:43	1:11:15

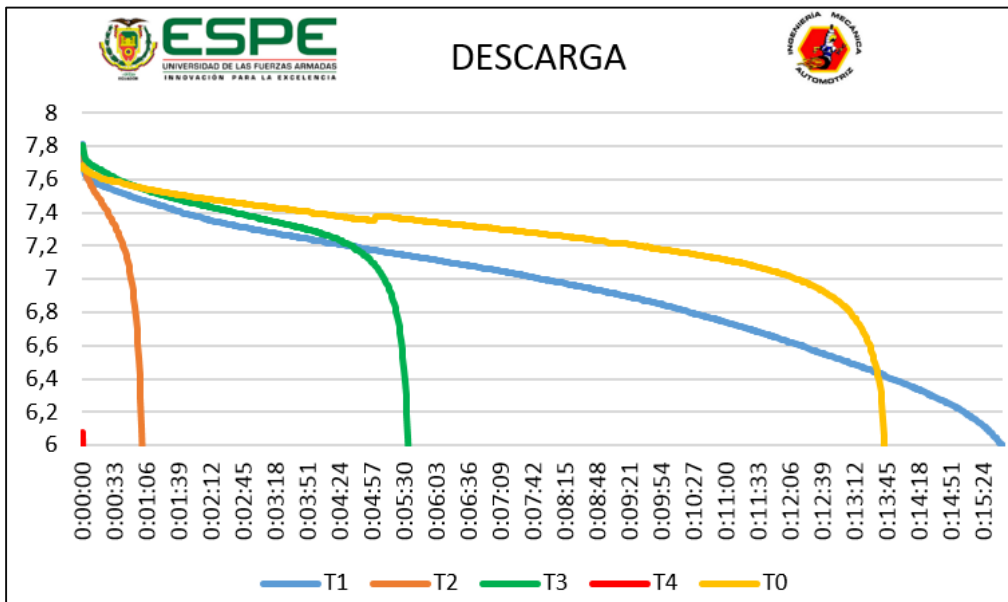


Figura 61. Curva de descarga de módulos

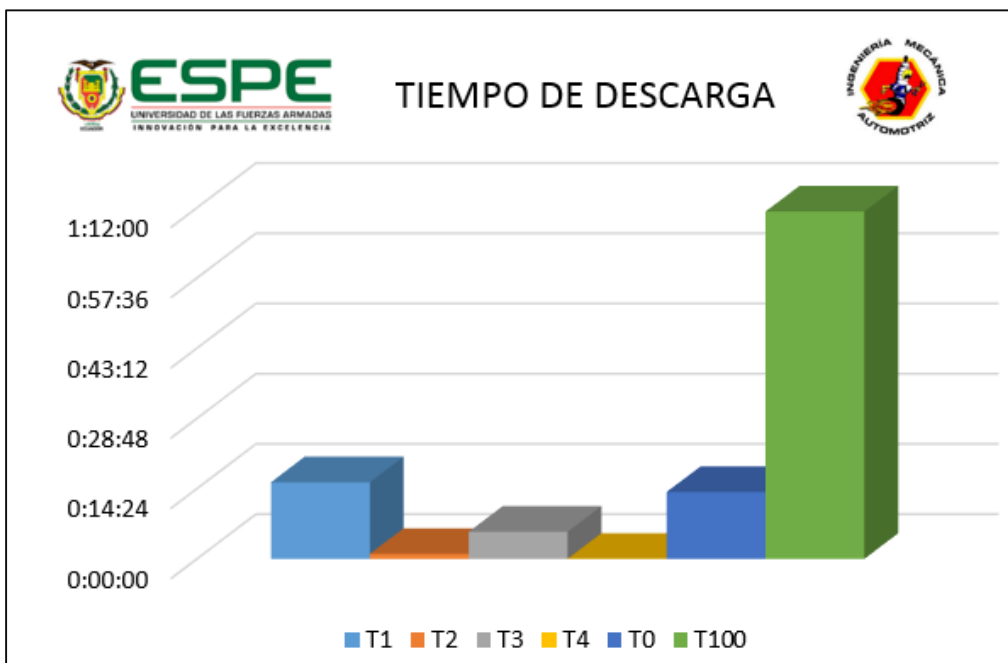


Figura 62. Tiempo total de descarga

La curva muestra notoriamente la gran diferencia que existe en los módulos en buen y mal estado, el módulo T100, que tiene una capacidad ligeramente inferior al de un módulo nuevo, entrega voltaje nominal por un tiempo total de una hora y doce minutos, lo que, comparado con los otros módulos, su diferencia es demasiado grande, por lo que se coloca el resto de módulos como inservibles.

5.1.4. Determinación de la eficiencia de los módulos

Para determinar la eficiencia de la batería, se fundamentó en el tiempo de descarga y la corriente de la misma, obteniendo la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{t_D * 1.25}{I_D} * 100\%$$

Ecuación 16 Eficiencia del módulo de la batería

Donde:

η = Eficiencia del módulo de la batería de alta tensión (%)

t_D = Tiempo de descarga del módulo (h)

I_D = Intensidad de descarga del módulo (A)

Para establecer el tiempo, es necesario especificar que, al realizar la descarga del módulo, solo se debe descargar hasta disminuir en uno la celda que lo compone, es decir, para el vehículo Toyota Prius, del voltaje total del módulo que es de 7.2 V, al realizar la descarga este debe llegar a 6 V ya que disminuye en 1 el voltaje de una celda (1.2V).

Entonces, para el primer módulo que tardó 71 min en llegar a 6 voltios, a una intensidad de descarga de 1.5 A se obtiene el siguiente resultado:

$$t_D = 71 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 1.18 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{1.18 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 98.33 \%$$

Para el módulo T0, el cual, en la primera prueba tardó 13 min en llegar a 6 voltios, con una tasa de descarga de 1.5 A, entonces se obtiene:

$$t_D = 13 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.21 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.21 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 17.5 \%$$

Para el módulo T1, el cual, tardó 16 min en llegar a 6 voltios, con una tasa de descarga de 1.5 A:

$$t_D = 15 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.25 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.25 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 20.83 \%$$

Para el módulo T2, el cual, tardó 1.02 min en llegar a 6 voltios, con una tasa de descarga de 1.5 A:

$$t_D = 1.02 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.017 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.017 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 1.42 \%$$

Para el módulo T3, el cual, tardó 5.34 min en llegar a 6 voltios, con una tasa de descarga de 1.5 A:

$$t_D = 5.34 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.089 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.089 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 7.42 \%$$

Para el módulo T4, el cual, tardó 2 segundos en llegar a 6 voltios, con una tasa de descarga de 1.5 A:

$$t_D = 0.002 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.00016666 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.00016666 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 0.002 \%$$

5.1.5. Análisis de aumento de vida útil en la celda

Para determinar el estado de salud de una batería, se utiliza el tiempo de descarga de la primera prueba, luego, se utiliza el tiempo de descarga de la 10 prueba, y se los reemplaza en la ecuación

$$\%SOH = 100 - \left(\frac{t_0}{t_f} * 100 \right)$$

Ecuación 17 Estado de vida del módulo SOH

Donde:

$\%SOH$ = Estado de salud de la batería (%)

t_0 = Tiempo de descarga inicial (h)

t_f = Tiempo de descarga luego de haber realizado 10 procesos de carga y descarga consecutivos (h)

Obteniendo los siguientes resultados:

$$t_0 = 13 \text{ min} * \frac{1h}{60 \text{ min}}$$

$$t_0 = 0.216 \text{ h}$$

$$t_f = 15.4 \text{ min} * \frac{1h}{60 \text{ min}}$$

$$t_f = 0.257 \text{ h}$$

$$\%SOH = 100 - \left(\frac{0.216}{0.257} * 100 \right)$$

$$\%SOH = 15.95 \%$$

Con los resultados obtenidos, se determinó que, tras repetir la carga y descarga de un módulo, la salud de la batería aumento en un 15.95%, por lo que su tiempo de entrega de voltaje aumenta en dicho porcentaje, a continuación, se muestran las curvas de las pruebas realizadas.

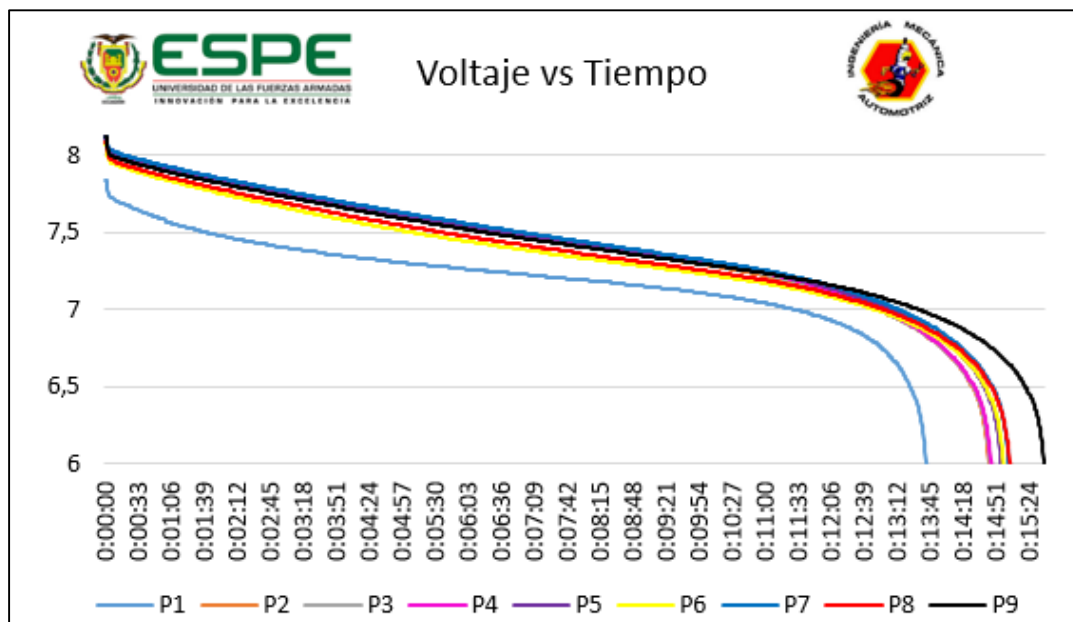


Figura 63. Curvas de descarga del módulo T0

Como se puede observar, tras las pruebas se aumentó el tiempo total de descarga en más de dos minutos.

CAPITULO VI MARCO ADMINISTRATIVO.

6.1. Recursos.

6.1.1. Recursos humanos

El recurso humano que intervendrá en la ejecución de la investigación es el siguiente:

Tabla 17

Recursos Humanos

Ord.	Descripción	Cantidad	Función
1.	Carlos Francisco Martínez Taipe.	1	Investigador
2.	Edison Paul Maldonado Solano.	1	Investigador
3.	Ing. Washington Germán Erazo Laverde	1	Colaborador Científico
4.	Ing. José Lisandro Quiroz Erazo	1	Colaborador Científico
5.	Ing. Diego López	1	Colaborador Científico

6.1.2. Recursos materiales

Para el desarrollo de la investigación es necesario elementos y componentes que se presentan a continuación:

Tabla 18*Recursos Materiales*

Ord.	Cantidad	Detalle	Costos unitarios	Costo total USD
1	1	Componentes eléctricos electrónicos para el analizador computarizado de batería	\$ 600.00	\$ 600.00
2	5	Baterías de alta tensión	\$ 60.00	\$ 300.00
3	1	Componentes eléctricos y electrónicos para los módulos de corriente continua	\$400.00	\$400.00
4	1	Componentes para construcción de ecualizadores y prensa para módulos de baterías de vehículos híbridos	\$400.00	\$400.00
5		Recursos humanos		\$ 200.00
6		Documentación		\$ 100.00
7		Imprevistos		\$ 100.00
TOTAL				\$ 2100.00

6.1.3. Recursos tecnológicos

Para la realización correcta de la investigación es necesario contar con equipos tecnológicos que se mencionan a continuación:

Tabla 19*Recursos Tecnológicos*

Ord.	Detalle	Cantidad	Costo
1.	Computador personal	1	\$30.00
2.	Multímetro	1	\$60.00
3.	Cámara fotográfica	1	\$50.00
TOTAL			\$ 140.00

6.2. Costo neto del proyecto

El costo neto del proyecto titulado como “INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE CARGA (SOC) Y DE DESCARGA (DSOC) DE LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN PARA ESTIMAR SU EFICIENCIA Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL A TRAVÉS DE UN MÓDULO DE CORRIENTE CONSTANTE”, resulta de la suma total de los recursos a utilizar y la movilidad.

Tabla 20

Costo Neto del Proyecto

Descripción	Costo total USD
Recursos materiales	2100.00
Recursos tecnológicos	140.00
Movilidad	200.00
TOTAL	2440.00

CONCLUSIONES.

- Se consultó información en bases digitales como ResearchGate, Science Direct, DieselNet, SAGE Publications, Google Académico las cuales sirvieron de guía para desarrollar la presente investigación.
- Se diseñó equipos adecuados para realizar cargas con corriente continua, y poder verificar las curvas de funcionamiento a través de un analizador de baterías computarizado, además de realizar procesos de descarga, pudiendo observarse en un computador con la ayuda del software West Mountain Radio CBA IV.
- Se utilizó el analizador de baterías CBA, el cual entregó datos de voltaje en cada segundo y fue necesario para graficar las curvas, para poder analizar su correspondiente vida útil, la cual fue deficiente al ser esta en todos los módulos menor a 20%.
- Se investigó los procesos de carga (SOC), el cual mantiene una relación entre el tiempo de carga, la corriente de carga dada en amperios y la capacidad de la batería especificada por el fabricante, añadiendo un 40% de carga inicial, ya que la batería nunca se descarga hasta un 0%, dicho estado de carga (SOC), no debe sobrepasar del 80%, pudiendo determinar con estos valores que para un módulo de 6 celdas, con una capacidad de 6.5 A – h, cargado con una intensidad de 1.5A, un tiempo de 1 hora y 43 minutos para una carga completa. Mientras que el estado de descarga DSOC para el mismo módulo, es de 66.67%

- Se sometió a procesos de carga y descarga constantes según el protocolo de pruebas especificado, estimando un aumento de eficiencia de 4.7% y un aumento de vida útil de 15.58%

RECOMENDACIONES.

- Seguir el protocolo de pruebas especificado, para evitar daño en los equipos
- El CBA IV solo es capaz de realizar pruebas hasta un máximo de 40 voltios o 100 watts de potencia.
- Nunca descargue una batería a una tasa de descarga superior a la que fue diseñada, o especificada por el fabricante
- Nunca conecte una batería con polaridad inversa, ya que esto generaría un corto circuito, provocando averías irreparables en el analizador
- Nunca permita que una batería alcance una temperatura demasiado caliente para tocarla.
- Recargue las baterías inmediatamente con un cargador de batería apropiado después de completar la prueba. Algunos tipos de baterías no pueden permanecer descargadas durante largos períodos de tiempo.
- Nunca intente cargar una batería que este inchada, estas pueden explotar provocando daños y quemaduras a la persona que la este manipulando.
- Para cualquier duda revise el anexo correspondiente con el manual del analizador.
- Tener cuidado al realizar una descarga a alto amperaje (mayor a 10 A), ya que este tiende a calentarse mucho y podría dañarse.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta, J. E. J. (2013a). *Estudio del sistema híbrido, diseño, construcción e implementación de un modelo de conexión de fuerzas propulsoras de transmisión por medio de engranajes planetarios*. Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado 18 de mayo de 2015 de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6133/1/T-ESPEL-MAI-0409.pdf>
- Acosta, J. E. J. (2013b). *Estudio del sistema híbrido, diseño, construcción e implementación de un modelo de conexión de fuerzas propulsoras de transmisión por medio de engranajes planetarios*. Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado 18 de marzo de 2018 de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6133/1/T-ESPEL-MAI-0409.pdf>
- Andy, M. C., Mauricio, C. V., & Willan, M. M. (2016). Diseño del Sistema de Freno Regenerativo de Automóviles Híbridos, 37(2), 10.
- Bluelife Battery. (2016, febrero 24). Mantenimiento de baterías de vehículo híbridos. Recuperado de <http://www.bluelife-battery.com/>
- Bustos, O. R. B. A., & Correa, A. S. C. C. (2012). *Elaboración de un manual práctico de diagnóstico y corrección de fallas referente al sistema de inyección electrónica en los vehículos de la línea Toyota, mediante interface y utilizando el software techstream*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2256>

Cabrera, G. (2007). Motor Híbrido. Recuperado 13 de febrero de 2018 de http://www.academia.edu/18400972/motor_hibrido

Cabrera, S. A. C. B. (2012). *Estudio de factibilidad para crear una mecánica de servicios automotrices para automóviles híbridos en la ciudad de Quito*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado 12 de diciembre de 2017 de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7752/2.22.001354.pdf;sequence=4>

Gómez, F. & Hidalgo, D. (2014). Diseño y construcción de un banco de pruebas genérico, para reparación y mantenimiento de baterías híbridas. Recuperado 18 de julio de 2018 de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/8610>

COLOMBIA, C. (2017, julio 5). ¿Qué hacer con las baterías de los autos eléctricos e híbridos? Recuperado 18 de enero de 2018, de <http://www.revistaautocrash.com/las-baterias-los-autos-electricos-e-hibridos/>

Espinosa, L. F. E. D. (2013). *Diseño y aplicación de un protocolo de mantenimiento, diagnóstico y reparación del sistema de baterías de vehículos híbridos*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, Ecuador. Recuperado 28 de mayo de 2018 de <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/149/1/T-UIDE-0146.pdf>

Fernando Augeri. (2012). Introducción al funcionamiento y diagnóstico de Vehículos Híbridos I. Recuperado 15 de marzo de 2018 de <http://www.cise.com/portal/descargas/file/17-introduccion-al-funcionamiento-y-diagnostico-de-los-vehiculos-hibridos.pdf.html>

Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil. (2007). Tecnologías de propulsión híbrida. Recuperado 7 de junio de 2018, de <https://www.bubok.es/libros/169416/Tecnologias-de-propulsion-hibridas-Resumen-13-Evidencia-cientifica>

Garnica, A. G., & Álvarez, J. R. (2015). Patentamiento, trayectoria y características de las baterías automotrices: el caso de los autos híbridos. *Entreciencias: diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 3(6), 41-56.

Gestión de la batería. (2012). Recuperado 18 de enero de 2018 de http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11872/fichero/Memoria+%28Castellano_e_ingles%29%252FResumen_castellano%252Fcapitulo1.pdf

Guevara, E. (2015). *Diseño y construcción de un sistema eléctrico y electrónico, para aumentar la autonomía eléctrica de un vehículo híbrido marca Toyota, modelo Prius, adaptando un sistema phev (plug-in hybrid electric vehicle), en un sistema hev (Hybrid Electric Vehicle)*. Recuperado 22 de abril de 2018 de <http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/4837>

- Iza, H. H. I. T., & Pozo, E. M. P. G. (2009). *Estudio de la incidencia de la carga en la ecualización de los packs de baterías de alta tensión de vehículos híbridos para estimar la durabilidad, rendimiento y pos uso*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México. Recuperado 18 de junio de 2018 de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1509/Tesis.pdf?sequence=1>
- Ministerio del ambiente. (2010). Plan nacional de la calidad del aire. Recuperado 26 de enero de 2018 de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>
- Mondragón, J. G. M. (2009). *Análisis general de los vehículos híbridos y su funcionamiento*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México. Recuperado 30 de enero de 2018 de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1509/Tesis.pdf?sequence=1>
- Murillo, P. D. M. R. (2014). *Construcción de un equipo de diagnóstico y carga para mantenimiento de baterías de autos híbridos*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador. Recuperado 18 de febrero de 2018 de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4806/1/55394_1.pdf
- Peña Ordóñez, C. (2011). Estudio de baterías para vehículos eléctricos. Recuperado 12 de enero de 2018 de <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/11805>

Press, E. (2016, febrero 24). Mantenimiento puede aumentar un 25% la vida útil de las baterías de coches híbridos. Recuperado 29 de enero de 2018, de <http://www.europapress.es/motor/coches-00640/noticia-mantenimiento-puede-aumentar-25-vida-util-baterias-coches-hibridos-20160224140032.html>

Salaet Fernández, S., & Roca Jusmet, J. (2010). Agotamiento De Los Combustibles Fósiles Y Emisiones De Co₂: Algunos Posibles Escenarios Futuros De Emisiones. *Revista Galega de Economía*, 19(1), 1-19.

Siegesmund, M. S. (2018). *West Mountain Radio*. Estados Unidos: West Mountain Radio.

Sitio Oficial del Toyota Prius. (2018). Recuperado 14 de junio de 2018, de <https://www.toyota.com/espanol/prius/>

Soto, J., Cantillo, V., & Arellana, J. (2014). Modelación Híbrida Para La Elección De Vehículos Con Energías Alternativas. *Interciencia*, 39(9), 666-672.

Theja Nayaka. (s. f.). Seminar hybrid vehicle.

Toyota Motor Corporation. (2014). MANUAL DE DESGUACE DE LA BATERÍA DEL HV. Recuperado 5 de julio de 2018, de https://www.toyota-tech.eu/HYBRID/HVDM/ES/Prius_ES.pdf

Yuasa Battery Europe. (2014). Características de carga y descarga de la batería. Recuperado 26 de enero de 2018, de <https://www.yuasa.es/informacion/motociclismo-y-deportes-de-motor/caracteristicas-de-carga-y-descarga-de-la-bateria/>

Zelaya, O. A. Z. M. (2006). *Análisis general de los vehículos híbridos y su funcionamiento*.

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado 8 de enero de 2018 de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0517_M.pdf

Zúñiga, V. A. Z. L. (2014). *Propuesta de las características técnicas de un vehículo*

eléctrico para uso privado en lima metropolitana. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado 17 de marzo de 2018 de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5767/ZU%C3%91IGA_VICTOR_VEHICULO_ELECTRICO_PRIVADO.pdf?sequence=1

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores MALDONADO SOLANO EDISON PAUL Y MARTÍNEZ TAÍPE CARLOS FRANCISCO.

En la ciudad de Latacunga a los 03 del mes de agosto del 2018

Aprobado por:

.....
Ing. Germán Erazo
DIRECTOR DEL PROYECTO



.....
Ing. Danilo Zambrano
DIRECTOR DE LA CARRERA

.....
Dr. Darwin Albán Yáñez
SECRETARIO ACADÉMICO