



**UNIVERSIDAD UTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO DE UN COMPROBADOR DE PACKS PARA  
BATERÍAS DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS**

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

**Autor:**

**JONATHAN STEEVEN BALDEÓN PACHECO**

**Director:**

**ING. LUIS XAVIER ORBEA HINOJOSA, MSc.**

**Santo Domingo, Abril 2019**

© Universidad UTE. 2019

Reservados todos los derechos de reproducción

# FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

## TRABAJO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1722675871
APELLIDO Y NOMBRES:	Baldeón Pacheco Jonathan Steeven
DIRECCIÓN:	Tandapi, Vía principal, Urb. Puertas del Pacífico.
EMAIL:	jonathansb96@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	(02)2177145
TELÉFONO MÓVIL:	0980531837

DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	Diseño de un comprobador de packs para baterías de vehículos híbridos.		
AUTOR O AUTORES:	Baldeón Pacheco Jonathan Steeven		
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	15 de abril de 2019		
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Xavier Orbea Hinojosa, MSc.		
PROGRAMA:	PREGRADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Automotriz		
RESUMEN:	<p>Los vehículos híbridos son una evolución tecnológica de la industria automotriz, que busca reducir el impacto ambiental que provoca el sector automovilístico, este tipo de vehículos están obteniendo una gran aceptación en el mercado nacional e internacional, pero a la vez cuentan con un inconveniente que se encuentra frenando aquel desarrollo, ya que su componente principal falla en un determinado tiempo de trabajo y su reemplazo es inevitable ocasionando un gasto considerable a los propietarios de estos vehículos, también debido a sus compuestos provocan un grado</p>		

	<p>de contaminación al desechar los mismos. Por lo tanto, con la visión de minimizar el desecho, incentivar la investigación, recuperar y alargar la vida útil de las baterías de alto voltaje se propuso el presente trabajo de titulación; con el cual se diseñó un comprobador de packs para baterías de vehículos híbridos que mediante la aplicación de algunos métodos de investigación se logró recolectar y analizar datos generales para conseguir los parámetros específicos, con los que se construyó un comprobador capaz de entregar entre 110 y 120 VCC para cargar en serie una cierta cantidad de packs (máximo 7) con la posibilidad de seleccionar dos opciones de amperaje (1.2 y 2.4 Amp) y un circuito que soporta entre 110 y 120 VCC para descargarlos con la posibilidad de seleccionar tres opciones de amperaje (0.5, 0.8 y 2.4 Amp), además cuenta con un circuito que soporta 12 V y puede descargar hasta 7 packs en paralelo a un amperaje aproximado de 2.7 Amp. Por lo tanto, el comprobador de packs permite realizar pruebas a las baterías de níquel hidruro metálico utilizadas en los vehículos Toyota High Lander y Prius de segunda y tercera generación.</p>
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Batería de alto voltaje, vehículos híbridos, equipo genérico, cargador de batería HV.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.




---

BALDEÓN PACHECO JONATHAN STEEVEN

C.I: 1722675871

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **BALDEÓN PACHECO JONATHAN STEEVEN**, CI: **1722675871** autor del trabajo de titulación: **Diseño de un comprobador de packs para baterías de vehículos híbridos** previo a la obtención del título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación de grado para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de titulación de grado con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 15 de abril de 2019



---

BALDEÓN PACHECO JONATHAN STEEVEN  
C.I: 1722675871

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación que lleva por título “**Diseño de un comprobador de packs para baterías de vehículos híbridos**”, para aspirar al título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** fue desarrollado por **BALDEÓN PACHECO JONATHAN STEEVEN**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a la evaluación respectiva de acuerdo a la normativa interna de la Universidad UTE.



---

Ing. Luis Xavier Orbea Hinojosa, MSc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I: 0502576929

## DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico a Dios, padre celestial que siempre me acompaña y me ayuda a levantar de los tropiezos, siendo mi fortaleza en aquellos momentos de debilidad y por ser el creador de las personas que más amo.

A dos angelitos Ximena y Amalia que desde el cielo interceden por mí, iluminan mi camino y me acompañan siempre, aunque hoy ya no están presentes siguen siendo mi inspiración para seguir adelante.

A mis padres Teresa y Luis que con su ejemplo me han enseñado a jamás rendirme pese a los golpes más duros de la vida, por ser el pilar fundamental de mi superación y guiarme siempre por el camino del bien.

A mi hermana Marjorie que es la alegría de la familia, a mis tías que a pesar de no estar cerca siempre pude contar con su apoyo incondicional y me impulsaron a seguir adelante a pesar de las dificultades.

Para ustedes con mucho amor y cariño

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco a Dios por haberme guiado y protegido durante toda mi carrera universitaria, por brindar salud y vida a mi familia y por todas aquellas experiencias y conocimientos adquiridos hasta cumplir con este gran objetivo de mi vida.

A mis padres Luis Baldeón y Teresa Pacheco, las razones son demasiadas, pero destaco todo el sacrificio que han realizado para darme una excelente educación a lo largo de mi vida, además por todos sus consejos, su paciencia, confianza y sabiduría con lo cual han forjado muchos valores que hoy definen mi formación personal, siendo mi inspiración y ejemplo de vida a seguir.

A mi hermana Marjorie por su amor, su cariño, por ser una parte importante en mi vida y por ser aquella razón para no rendirme y lograr mi superación profesional logrando ser un ejemplo para ella.

A mis tías Mari, Mar, Fabi y Albi, por su apoyo incondicional que a pesar de la distancia siempre me apoyaron, aconsejaron, motivaron y junto a mis padres fueron el pilar fundamental de mi formación personal y profesional.

De igual forma agradezco a cada docente de la UTE Santo Domingo, a mis amigos y compañeros por ayudarme en el desarrollo y formación de mi profesión, incentivando siempre el deseo de superación profesional.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
1.1. VEHÍCULO HÍBRIDO .....	4
1.1.1. VENTAJAS DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO .....	4
1.1.2. DESVENTAJAS DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO .....	4
1.1.3. ELEMENTOS DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO .....	5
1.2. ORIGEN DEL VEHÍCULO HÍBRIDO .....	5
1.3. CONFIGURACIÓN DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS .....	6
1.3.1. CONFIGURACIÓN EN SERIE .....	6
1.3.2. CONFIGURACIÓN EN PARALELO .....	7
1.3.3. CONFIGURACIÓN MIXTA .....	7
1.4. BATERÍA DE ALTO VOLTAJE .....	8
1.4.1. TIPOS DE BATERÍAS .....	8
1.4.2. CÓDIGOS DE FALLA DE LA BATERÍA DE ALTO VOLTAJE ...	9
1.5. ECU DE LA BATERÍA DE ALTO VOLTAJE .....	10
1.5.1. MONITOREO DE VOLTAJE .....	10
1.5.2. MONITOREO DE TEMPERATURA .....	10
1.5.3. MONITOREO DE INTENSIDAD DE CORRIENTE .....	11
1.6. COMPROBADOR DE PACKS PARA BATERÍAS DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS .....	11
<b>2. METODOLOGÍA</b> .....	13
2.1. DISEÑO DEL COMPROBADOR .....	13
2.1.1. CIRCUITO ELÉCTRICO .....	13
2.1.1.1. Sistema de carga en serie .....	14
a) Cálculos .....	14
b) Diagrama del circuito de carga en serie .....	16
2.1.1.2. Sistema de descarga en serie .....	17
a) Cálculos .....	18
b) Diagrama del circuito de descarga en serie .....	20

2.1.1.3.	Sistema de descarga en paralelo .....	21
a)	Cálculos .....	21
b)	Diagrama del circuito de descarga en paralelo .....	22
2.1.1.4.	Sistema de monitoreo de voltaje.....	22
a)	Cálculos .....	23
b)	Diagrama del circuito de monitoreo de voltaje .....	24
2.1.1.5.	Sistema de ventilación.....	24
a)	Diagrama del circuito de ventilación .....	25
2.1.2.	DISEÑO DIGITAL DE LA ESTRUCTURA.....	25
2.1.2.1.	Panel de instrumentos .....	26
2.1.2.2.	Dimensiones del comprobador .....	27
2.2.	COMPONENTES DEL EQUIPO.....	27
2.3.	CONSTRUCCIÓN DEL COMPROBADOR.....	35
2.3.1.	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA .....	35
2.3.2.	CORTE DEL PANEL DE INSTRUMENTOS .....	36
2.3.3.	CONEXIÓN DE LOS COMPONENTES .....	36
2.3.3.1.	Conexión del circuito de carga en serie.....	36
2.3.3.2.	Conexión del circuito de descarga en serie .....	37
2.3.3.3.	Conexión del circuito de descarga en paralelo .....	38
2.3.3.4.	Conexión del sistema de ventilación.....	39
2.3.3.5.	Conexión del circuito de monitoreo de voltaje .....	39
2.4.	FUNCIONAMIENTO DEL COMPROBADOR .....	40
2.4.1.	PRUEBAS DE VOLTAJE .....	40
2.4.2.	PRUEBAS DE AMPERAJE .....	41
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>42</b>
3.1.	RANGOS DE AMPERAJE .....	42
3.2.	DATOS OBTENIDOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL COMPROBADOR .....	43
3.2.1.	VARIACIÓN DE LA INTENSIDAD EN LAS PRUEBAS DE CARGA EN SERIE .....	44
3.2.2.	VARIACIÓN DE LA INTENSIDAD EN LAS PRUEBAS DE DESCARGA EN SERIE .....	45
3.2.3.	PRUEBAS DE DESCARGA EN PARALELO .....	47

<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>50</b>
4.1. CONCLUSIONES.....	50
4.2. RECOMENDACIONES.....	51
 <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	 <b>52</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>55</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1:</b> Componentes de un vehículo híbrido .....	5
<b>Tabla 2:</b> Códigos de falla de la batería HV en un vehículo Toyota Prius.....	9
<b>Tabla 3:</b> Medidas del comprobador .....	27
<b>Tabla 4:</b> Cálculos para conexión en serie .....	42
<b>Tabla 5:</b> Cálculos para conexión en paralelo .....	42
<b>Tabla 6:</b> Prueba de carga en serie al Bloque A .....	44
<b>Tabla 7:</b> Prueba de carga en serie al Bloque B .....	44
<b>Tabla 8:</b> Prueba de descarga en serie al Bloque A .....	46
<b>Tabla 9:</b> Prueba de descarga en serie al Bloque B .....	46
<b>Tabla 10:</b> Prueba de descarga en paralelo al Bloque A .....	48
<b>Tabla 11:</b> Prueba de descarga en paralelo al Bloque B .....	48

# ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
<b>Figura 1:</b> Configuración en serie .....	6
<b>Figura 2:</b> Configuración en Paralelo.....	7
<b>Figura 3:</b> Configuración Mixta .....	7
<b>Figura 4:</b> Diagrama eléctrico de monitoreo de voltaje.....	10
<b>Figura 5:</b> Diagrama de funcionamiento del sensor de temperatura .....	10
<b>Figura 6:</b> Diagrama eléctrico del monitoreo de intensidad de corriente .....	11
<b>Figura 7:</b> Charger Research Cise electronics. ....	12
<b>Figura 8:</b> Diagrama del circuito de carga en serie.....	17
<b>Figura 9:</b> Diagrama del circuito de descarga en serie.....	20
<b>Figura 10:</b> Diagrama del circuito de descarga en paralelo.....	22
<b>Figura 11:</b> Diagrama del circuito de monitoreo de voltaje. ....	24
<b>Figura 12:</b> Diagrama del circuito de ventilación del comprobador.....	25
<b>Figura 13:</b> Diseño de la estructura del comprobador. ....	26
<b>Figura 14:</b> Diseño del panel de instrumentos.....	27
<b>Figura 15:</b> Puente rectificador KBPC3510 .....	28
<b>Figura 16:</b> Condensador electrolítico. ....	28
<b>Figura 17:</b> Condensador de poliéster.....	29
<b>Figura 18:</b> Voltímetro digital .....	29
<b>Figura 19:</b> Amperímetro analógico.....	30
<b>Figura 20:</b> Diodo 6A10 (6 amperios, 1000 Voltios) .....	30
<b>Figura 21:</b> Ventilador de corriente alterna.....	31
<b>Figura 22:</b> Luz piloto 110 VCA de color blanco y verde. ....	32
<b>Figura 23:</b> Interruptores .....	32
<b>Figura 24:</b> Terminales .....	33
<b>Figura 25:</b> Cable flexible #18 .....	33
<b>Figura 26:</b> Foco halógeno con su respectiva base.....	34
<b>Figura 27:</b> Pinzas de colores tipo cocodrilo .....	35
<b>Figura 28:</b> Construcción de la estructura del comprobador. ....	35
<b>Figura 29:</b> Corte del panel de instrumentos .....	36
<b>Figura 30:</b> Ubicación de los componentes de carga en el panel de control	37
<b>Figura 31:</b> Conexión de los limitadores de corriente.....	37
<b>Figura 32:</b> Ubicación de los componentes de descarga en serie en el panel de control.....	38
<b>Figura 33:</b> Conexión de los consumidores de corriente .....	38
<b>Figura 34:</b> Ubicación del circuito de descarga en paralelo.....	39
<b>Figura 35:</b> Ubicación del sistema de ventilación .....	39
<b>Figura 36:</b> Ubicación de los voltímetros. ....	40
<b>Figura 37:</b> Calibración de voltímetros. ....	41
<b>Figura 38:</b> Comprobación de amperaje.....	41
<b>Figura 39:</b> Variación de amperaje en el proceso de carga en serie .....	45

<b>Figura 40:</b> Variación de amperaje en el proceso de descarga en serie .....	47
<b>Figura 41:</b> Variación de amperaje y voltaje en el proceso de descarga en paralelo .....	49

# ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Anexo 1:</b> Glosario de términos.....	55
<b>Anexo 2:</b> Tabla de componentes utilizados .....	56
<b>Anexo 3:</b> Instrucciones para el usuario .....	57
<b>Anexo 4:</b> Evidencias fotográficas.....	59
<b>Anexo 5:</b> Diagrama eléctrico del comprobador. ....	60

## RESUMEN

Los vehículos híbridos son una evolución tecnológica de la industria automotriz, que busca reducir el impacto ambiental que provoca el sector automovilístico, este tipo de vehículos están obteniendo una gran aceptación en el mercado nacional e internacional, pero a la vez cuentan con un inconveniente que se encuentra frenando aquel desarrollo, ya que su componente principal falla en un determinado tiempo de trabajo y su reemplazo es inevitable ocasionando un gasto considerable a los propietarios de estos vehículos, también debido a sus compuestos provocan un grado de contaminación al desechar los mismos. Por lo tanto, con la visión de minimizar el desecho, incentivar la investigación, recuperar y alargar la vida útil de las baterías de alto voltaje se propuso el presente trabajo de titulación; con el cual se diseñó un comprobador de packs para baterías de vehículos híbridos que mediante la aplicación de algunos métodos de investigación se logró recolectar y analizar datos generales para conseguir los parámetros específicos, con los que se construyó un comprobador capaz de entregar entre 110 y 120 VCC para cargar en serie una cierta cantidad de packs (máximo 7) con la posibilidad de seleccionar dos opciones de amperaje (1.2 y 2.4 Amp) y un circuito que soporta entre 110 y 120 VCC para descargarlos con la posibilidad de seleccionar tres opciones de amperaje (0.5, 0.8 y 2.4 Amp), además cuenta con un circuito que soporta 12 V y puede descargar hasta 7 packs en paralelo a un amperaje aproximado de 2.7 Amp. Por lo tanto, el comprobador de packs permite realizar pruebas a las baterías de níquel hidruro metálico utilizadas en los vehículos Toyota High Lander y Prius de segunda y tercera generación.

**PALABRAS CLAVES:** Batería de alto voltaje, vehículos híbridos, equipo genérico, cargador de batería HV.

## **1. INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la demanda de la industria automotriz es progresiva, lo que ha elevado los niveles de contaminación ambiental, debido a los gases que expulsan los motores de combustión interna y otros componentes que emanan los autos convencionales, con lo cual se estima que producen alrededor de 3.5 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. Gracias a las propiedades de los automóviles híbridos se puede reducir la emisión de 2.5 toneladas de CO<sub>2</sub> al ambiente, ya que se estima que el mismo produce 1 tonelada de CO<sub>2</sub> al año o equivalente a la capacidad para absorber CO<sub>2</sub> de 72 árboles (Iza, 2017).

Los vehículos convencionales según (A. Puerto Martín, 2016) expulsan al ambiente monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno los cuales son liberados hacia la atmósfera en grandes cantidades, donde las zonas urbanas son las más afectadas por este tipo de contaminación. Por lo tanto, en diversos países tecnológicamente avanzados se ha empezado a utilizar un mayor número de vehículos híbridos con el objetivo de disminuir la contaminación ambiental.

Para (Pérez D. A., 2015), las grandes industrias del sector automovilístico como Tesla Motors, Toyota, General Motors o BMW, están obteniendo prototipos transformadores y muy eficaces, que incluso destacan y superan los vehículos convencionales en varios aspectos.

Bien es cierto que se ha comprobado que el motivo por el que a nivel mundial no se ha realizado una total adaptación a los automóviles híbridos, es por los altos costos de mantenimiento de estos vehículos, uno de los insumos más costosos son las baterías de alto voltaje, teniendo en consideración este aspecto, se podría decir que las baterías de los vehículos híbridos representan uno de los factores de mayor preocupación entre los usuarios al momento de tomar la decisión de optar por un vehículo de este tipo, aunque no sean totalmente diferentes a los vehículos convencionales. Se puede definir como batería a un aparato que transforma energía química en energía eléctrica; a través de una reacción electroquímica (R. Iglesias, A. Lago, A. Nogueiras, C. Martínez, J. Marcos, C. Quintans, M. Moure, and M. Valdés, 2012). No obstante, algunos países ofrecen ciertos beneficios a los propietarios de vehículos híbridos. De acuerdo con (Michelet, 2018), uno de estos beneficios es un incentivo tributario como respuesta a la colaboración ambiental que estos aportan, además facilita la posibilidad de circulación sin restricciones.

(Gómez F. & Hidalgo D., 2014) se refiere a los avances tecnológicos en el área automotriz, al aumento de vehículos híbridos en el Ecuador que está conquistando el mercado y también a la inexperiencia en cuanto a las nuevas tecnologías aprovechadas en los vehículos híbridos por la falta de

dispositivos especializados para la comprobación y reparación de esta tecnología, debido a lo cual propone que se indague respecto al mantenimiento y reparación de las baterías HV, acorde con el progreso de las nuevas tendencias. Según (Infotaller.tv, 2016), es recomendable aplicar servicio preventivo y de mantenimiento constante a este tipo de baterías; lo cual incrementa un 25 % o más su vida útil.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado se afianza el objetivo principal del presente trabajo, que es el de diseñar un comprobador de packs para baterías de vehículos híbridos; con el propósito de que a través de este equipo se puedan realizar pruebas que permitan analizar y determinar el estado en el que se encuentran cada uno los packs que componen la batería HV y a la vez facilitar el mantenimiento de estos. También gracias al uso del comprobador sería posible reducir el gasto que conllevaría la sustitución prematura de la batería cuando se presente el código de error P0A80 (teniendo como referencia la marca Toyota), mediante este código el vehículo nos indica que se debe sustituir el paquete de batería de alto voltaje, sin embargo con el uso de este comprobador sería posible detectar el pack defectuoso y proceder únicamente a la sustitución de dicho pack; evitando así la sustitución en su totalidad y de esta manera disminuir el coste de mantenimiento del vehículo y alargar la vida útil de la batería. A continuación, se presentan los siguientes objetivos específicos de la investigación:

- Diseñar la estructura y el sistema eléctrico del equipo mediante programas de simulación en computadora.
- Construir el comprobador de acuerdo al diseño de la estructura y el sistema eléctrico.
- Comprobar el correcto funcionamiento del equipo construido a través de un multímetro, en pruebas de carga y descarga a los packs de una batería HV.

El primer objetivo se basa en diseñar la estructura del equipo y de un sistema eléctrico por medio de programas de simulación. Según (Pardo, 2016), estas constituyen un gran reto para la ingeniería y un paradigma para las empresas automotrices, puesto que requiere el uso de vías de diversas características para realizar diseños, los cuales dependen de elementos variables como por ejemplo: el recorrido, la frecuencia, el ruido, la intensidad y la capacidad.

El segundo objetivo, es la elaboración del dispositivo que permita realizar pruebas a una batería de alto voltaje y proporcione la información necesaria para determinar el estado en el que se encuentre la misma; gracias a lo cual se puede conocer los siguientes aspectos: lectura de la cantidad de voltios, verificación de la intensidad de carga y descarga de los packs.

El tercer objetivo de esta investigación radica en realizar las pruebas adecuadas al comprobador de packs para perfeccionar su funcionamiento y de esta manera evidenciar satisfactoriamente la información que se desea conocer respecto al estado de los packs de la batería.

## **1.1. VEHÍCULO HÍBRIDO**

Teniendo en cuenta a (García, 2006), se puede decir que: “Un vehículo híbrido posee tanto un motor eléctrico como uno de combustión interna. Este tipo de vehículo es limpio, silencioso y resulta ideal para el tráfico urbano” (p.2). Es decir, gracias a la utilización de ambos sistemas entra en funcionamiento el vehículo de manera amigable con el ambiente.

### **1.1.1. VENTAJAS DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO**

Según (Pástor J. & Velasco L., 2014), los vehículos híbridos presentan las siguientes ventajas:

- En contextos urbanos logran disminuir las emisiones locales de CO<sub>2</sub> y contaminantes propios de las producciones de los combustibles fósiles, debido a que el sistema marcha con electricidad.
- El vehículo híbrido no simboliza una transformación tan drástica en la actividad respecto a los acostumbrados, por lo que en un corto plazo estos puedan ser aceptados en el mercado global.
- Muestran un nivel de independencia más elevado que los vehículos eléctricos, debido a que disponen de una cantidad moderada de combustible tradicional.

### **1.1.2. DESVENTAJAS DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO**

Según (Morán, 2018), se pueden considerar los siguientes inconvenientes:

- Para obtener vehículos con mayor eficiencia, se han utilizado materiales complejos y de difícil obtención.
- Estos presentan como inconveniente tener más peso frente a los vehículos convencionales.
- Su costo es más alto en comparación a los vehículos convencionales debido a la complejidad de los sistemas y la tecnología que componen este tipo de vehículos

- No apto para todo tipo de usuarios; un auto híbrido es el tipo de auto ideal al momento de utilizarlo en zonas urbanas.

### 1.1.3. ELEMENTOS DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO

Se pueden caracterizar los diferentes elementos de los vehículos híbridos de la siguiente manera:

**Tabla 1:** Componentes de un vehículo híbrido

Componente	Función
MCI	Es el que se encarga de generar la energía eléctrica y en algunos casos proporcionar movimiento a las ruedas motrices.
Batería HV	Es la que se encarga de almacenar y suministrar la energía a los motogeneradores.
Sistema de control (ECU)	Es la que se encarga de controlar y monitorear el sistema híbrido
Motogeneradores	Por lo general son dos: uno de ellos proporciona movimiento a las ruedas y el restante es el que actúa como motor para encender el MCI y como generador para alimentar la batería.
Inversor	Es el que se encarga de transformar la corriente alterna en corriente continua y viceversa

(Pástor J. & Velasco L., 2014)

## 1.2. ORIGEN DEL VEHÍCULO HÍBRIDO

La historia de los autos híbridos es poco conocida por la sociedad, de acuerdo con (Zelaya, 2006) los progresos llevados a cabo en el siglo XIX y XX hicieron posible la existencia de los vehículos híbridos. Sin embargo, el término “híbrido” se ha empezado a popularizar en años recientes. Debido a la constante investigación y desarrollo en el ámbito automotriz. Según (Martínez, 2015), fue en el año 1900 cuando Ferdinand Porsche junto al constructor de carruajes más conocidos en Austria llamado Ludwig Lohner, pusieron en marcha un automóvil con un propulsor de cuatro cilindros, una batería de 50 V, el generador y los dos motores eléctricos creando de esta forma el primer vehículo híbrido que transitó por las calles.

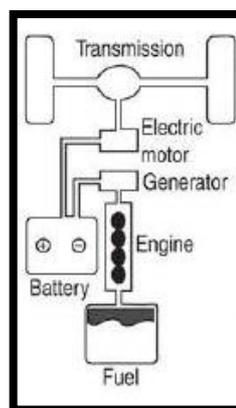
De acuerdo con (Buendía, 2017), el primer vehículo híbrido producido en serie fue el Toyota Prius. El proyecto del Toyota Prius se inició en la búsqueda de hacer que un auto consumiera menos combustible que las propuestas de la competencia. Posteriormente, ya habiendo presentado varias alternativas, se decidieron por una planta de poder híbrida que ajustara un motor de gasolina con uno eléctrico. Como menciona (Martín, 2010), la mayoría de las empresas como “Toyota” continúan realizando investigaciones que mejoren las características de este tipo de vehículos.

### 1.3. CONFIGURACIÓN DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS

A partir de la introducción a nivel mundial de la tecnología de los automóviles híbridos en el mercado automotriz. Los vehículos híbridos poseen las siguientes configuraciones: configuración en serie, paralelo y mixto.

#### 1.3.1. CONFIGURACIÓN EN SERIE

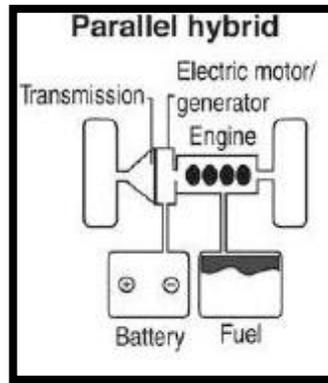
(Zúñiga, 2014) define como sistema en serie a un tipo de configuración, donde el automóvil es desplazado solamente por el motor eléctrico. El motor de combustión interna (de aquí en adelante MCI) produce energía mecánica, lo que consecutivamente pasa a ser energía eléctrica. La energía eléctrica se usa para cargar la batería de alto voltaje, la cual suministra energía al motogenerador y de esta manera se impulsará el automóvil (figura 1); de este modo la energía eléctrica que es producida se puede utilizar de forma directa.



**Figura 1:** Configuración en serie  
(Denton, 2012)

### 1.3.2. CONFIGURACIÓN EN PARALELO

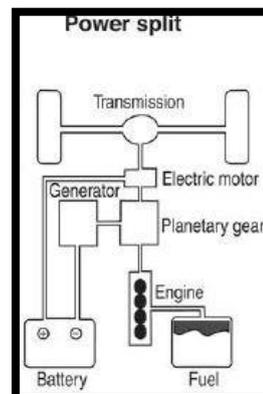
En la configuración en paralelo, acorde con (Perez, 2014) se puede decir que tanto el motor eléctrico como el de combustión interna están acoplados a las ruedas del vehículo, permitiendo de esta forma trabajar de manera conjunta y/o por separado, como se muestra en la figura 2.



**Figura 2:** Configuración en Paralelo  
(Denton, 2012)

### 1.3.3. CONFIGURACIÓN MIXTA

Así mismo, (Calaza, 2014) indica que hay un sistema mixto en los automóviles híbridos, el cual consiste en un sistema compuesto entre serie-paralelo, esto significa que cada motor puede girar las ruedas ya sea por separado o juntos. Este sistema a su vez, facilita que ambos impulsores sean utilizados para cargar las baterías; el motor de combustión emana parte de su fuerza, y el eléctrico por su parte participa en los instantes de desacelerar y cuando vaya a frenar como se muestra en la figura 3.



**Figura 3:** Configuración Mixta  
(Denton, 2012)

## **1.4. BATERÍA DE ALTO VOLTAJE**

Se puede definir a través de (Enerjet, 2016) que la batería de un automóvil híbrido es similar a una batería convencional, con la diferencia que esta es recargable y cuenta con la capacidad para almacenar y suministrar energía suficiente para poner en movimiento a un vehículo. Las baterías de los vehículos híbridos al igual que las demás baterías, tienen dos electrodos (que almacenan o emiten electricidad) que descansan en una sustancia que se denomina electrolito.

Según (AutoAvance, 2014), la batería HV de un vehículo híbrido está compuesta por un conjunto de baterías pequeñas (conocidas como celdas), conectadas en serie las cuales en total completan un voltaje que radica entre unos 200 y 220 Voltios de Corriente Continua. Existen en este mecanismo, 28 baterías pequeñas de 7,89 Voltios cada una y están acopladas en serie de dos en dos para constituir 14 paquetes de baterías de 15,78 Voltios (Cada Pack) y a su vez están acoplados todos estos 14 paquetes en serie para formar un total cercano de 220 Voltios, esto puede variar de acuerdo al modelo y marca del vehículo híbrido que se trate.

### **1.4.1. TIPOS DE BATERÍAS.**

Por medio de (Electromovilidad.com, 2018), se puede considerar que uno de los principales elementos de todo automóvil híbrido o eléctrico es la batería de alto voltaje ya que es la encargada de suministrar la energía necesaria para que el vehículo entre en movimiento. A continuación, se da a conocer la clasificación de baterías HV en la actualidad:

- **Batería de plomo-ácido:**

Este tipo de batería fue la más conocida y utilizada en el mercado de los vehículos híbridos y a su vez la que tiene mayor tiempo en el sector automotriz. Su bajo coste las hacía idóneas. Sin embargo, fueron retiradas del mercado debido a algunas desventajas tales como: peso excesivo, su baja densidad energética de 30 Wh/kg, límite de recargas que varía entre 600 a 900 veces, la toxicidad por contener plomo y el tiempo de carga entre 8 a 16 horas.

- **Batería níquel-cadmio:**

Del mismo modo este tipo de baterías cuentan con un gran reconocimiento en el mercado de los vehículos híbridos, considerándose unas de las preferidas y recomendadas por distintos fabricantes, debido a su capacidad

energética aproximada de 60 Wh/kg, su vida útil está determinada por su capacidad para recargarse más de 2000 veces, la principal desventaja es su elevado costo económico. (Pellicer, 1997)

- Batería níquel-hidruro metálico:

Estas baterías son similares a las de níquel-cadmio, es una de las baterías más utilizadas en la actualidad en los vehículos híbridos y eléctricos ya que por sus propiedades logran cumplir con algunos requerimientos como: mayor ciclo de vida útil, temperatura de operación, tensión flexible desde 0.3 hasta 250 Ah, operación segura a altas tensiones, excelente potencia y energía volumétrica (Cazaravilla, 2012).

- Batería Ion-litio: (LiCoO<sub>2</sub>)

Estas baterías fueron desarrolladas recientemente, las cuales están compuestas por un electrolito de sal de litio, electrodos de litio, cobalto y oxido. No cuentan con una tecnología totalmente madura, por lo cual se encuentran en continuo desarrollo, en búsqueda de mejoras a este prototipo que logra presentar alrededor de 250 Wh/kg consiguiendo hasta 1000 Wh/kg llegando a ser hasta cinco veces mejor que la batería de níquel-hidruro metálico.

#### 1.4.2. CÓDIGOS DE FALLA DE LA BATERÍA DE ALTO VOLTAJE

Existen algunos códigos de falla que surgen en los vehículos híbridos que informan sobre algún desperfecto en la batería de alto voltaje. Estos códigos pueden ser de manera constante o temporal. A continuación, se detallan algunos de aquellos códigos de falla en la tabla 2.

**Tabla 2:** Códigos de falla de la batería HV en un vehículo Toyota Prius

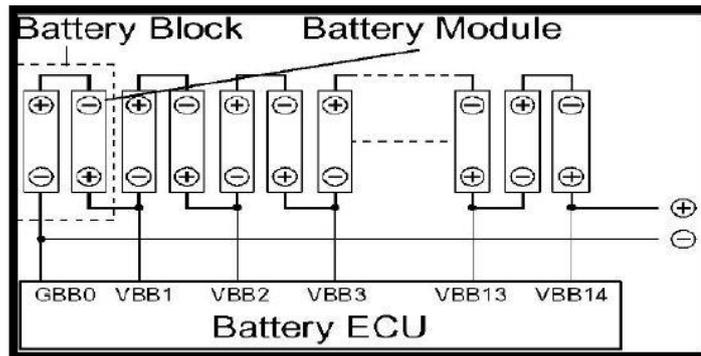
CÓDIGO	MENSAJE	DESCRIPCIÓN
P3000	HV Batería-avería	Batería de alto voltaje averiada.
P3004	Mal funcionamiento de la batería	Mal funcionamiento del cable de alimentación
P0A80	Sustituir paquete de batería de alto voltaje	Mal funcionamiento de la batería. Cuando el voltaje de la batería de alta tensión se hace menor que el voltaje del inversor

(Manual Toyota Prius, 2010)

## 1.5. ECU DE LA BATERÍA DE ALTO VOLTAJE

### 1.5.1. MONITOREO DE VOLTAJE

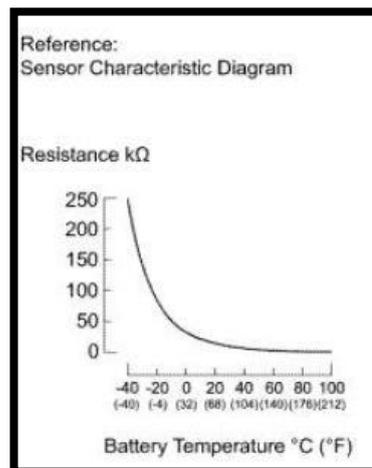
La ECU de la batería monitorea constantemente el voltaje de cada pack, el mismo que mide de manera progresiva (figura 4), es decir, va sumando los voltajes de los mismos hasta sumar el voltaje total, por tal razón si el incremento es interrumpido la ECU generará el código de falla respectivo (Cise Electronics Corp, 2009).



**Figura 4:** Diagrama eléctrico de monitoreo de voltaje (Cise Electronics Corp, 2009)

### 1.5.2. MONITOREO DE TEMPERATURA

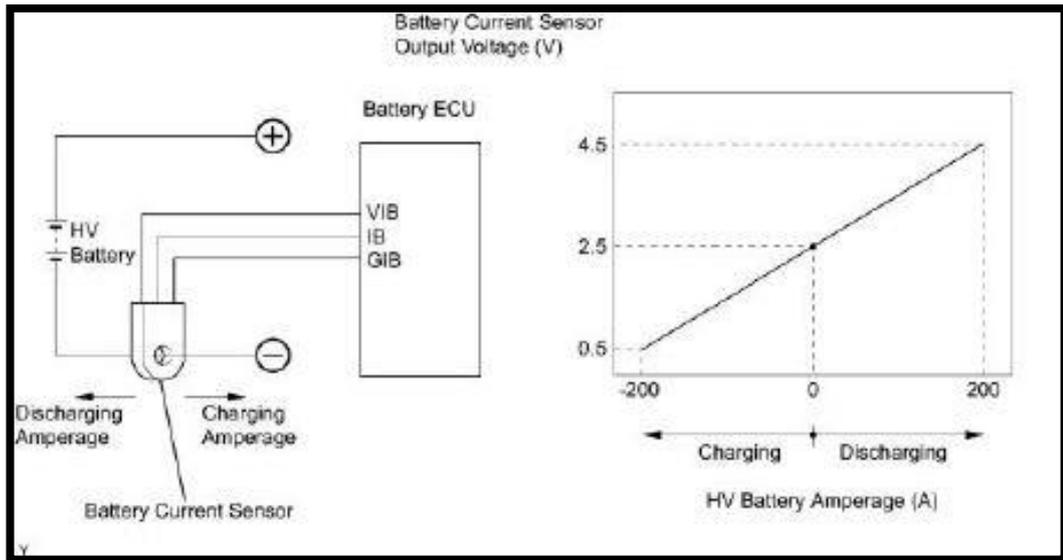
Las baterías de alto voltaje por lo general cuentan con 3 o 4 sensores de temperatura distribuidos en todo el conjunto de packs, son de tipo termistores los cuales indican la temperatura a la ECU de acuerdo a la variación de su resistencia tal como se muestra en la figura 5 (Ros J. y Barrera O, 2017).



**Figura 5:** Diagrama de funcionamiento del sensor de temperatura (Toyota, Funcionamiento de la tecnología híbrida, 2017)

### 1.5.3. MONITOREO DE INTENSIDAD DE CORRIENTE

La ECU de la batería de alto voltaje mantiene un constante monitoreo de la intensidad de corriente mediante un sensor que está conectado en el cable negativo del conjunto de la batería y detecta el flujo de amperaje, ya que es de tipo hall e indica un valor más exacto (figura 6). Su funcionamiento se basa en introducir una tensión entre 0 a 5 V, si posee un valor menor a 2.5 V se determina que la batería se está cargando y si el valor es mayor a 2.5 V la batería se encuentra descargando (Cise Electronics Corp, 2009).



**Figura 6:** Diagrama eléctrico del monitoreo de intensidad de corriente

(Toyota, Funcionamiento de la tecnología híbrida, 2017)

### 1.6. COMPROBADOR DE PACKS PARA BATERÍAS DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS.

De acuerdo con (GigaTecno, 2013) el comprobador de packs de batería no es más que un dispositivo o instrumento de comprobación usado para evaluar baterías de alto voltaje de los vehículos híbridos verificando su desempeño e indicando el estado de cada pack o celda. No todos los comprobadores miden las mismas magnitudes, hay dispositivos eléctricos que tienen rango fijado y otros que no lo tienen. La función de este equipo no es más que la comprobación de los siguientes aspectos:

- a) Voltaje.
- b) Intensidad.
- c) Resistencia.
- d) Temperatura.



**Figura 7:** Charger Research Cise electronics.

## **2. METODOLOGÍA**

## **2. METODOLOGÍA**

Para el diseño y construcción del comprobador de packs para baterías de vehículos híbridos fue necesario utilizar métodos científicos de investigación tales como: método deductivo, método analítico y método experimental, con los cuales fue posible el desarrollo y la sustentación del mismo.

Dentro de esta investigación se aplicó el método deductivo el cual permitió estudiar aspectos generales para obtener explicaciones particulares (Bernal, 2010). Este método se inició cuando se realizó un estudio a las teorías y postulados expresados en otros trabajos de investigación para recolectar datos e información general pero imprescindible para determinar los parámetros que permitieron la construcción del comprobador y configurar su funcionamiento.

Así mismo se desarrolló el método analítico, dicho método de investigación permitió descomponer el objeto de estudio para analizarlo de manera individual, es decir, se estudió el funcionamiento y comportamiento de la batería de alto voltaje siendo sometida a pruebas de carga y descarga en el prototipo de comprobador de packs de baterías híbridas.

### **2.1. DISEÑO DEL COMPROBADOR**

Por medio de dicha investigación se logró relacionar los conceptos teóricos obtenidos en el análisis a la información recolectada y el desarrollo del diseño del comprobador en los programas de simulación o herramientas CAD con el desarrollo físico del comprobador, es decir la construcción de la estructura, el cableado y la conexión de los componentes eléctricos.

Para el diseño y construcción de un comprobador que permitió realizar pruebas a los packs de la batería de un vehículo híbrido, fue necesaria la simulación de las condiciones de funcionamiento de la batería en el vehículo; es decir cumplir la condición de cargar, descargar y monitorear el voltaje de los packs en cada uno de esos procesos. Por consiguiente, gracias a la información que proporciona este comprobador es posible identificar el pack o packs que se encuentren en mal estado y sean la causa de generar el código de falla en el vehículo por un mal desempeño de la batería.

#### **2.1.1. CIRCUITO ELÉCTRICO**

Para el diseño del circuito eléctrico del comprobador se utilizó un software llamado Livewire, ya que este software es un laboratorio virtual que permite desarrollar circuitos electrónicos y demostrar su funcionamiento con base a las leyes fundamentales.

### 2.1.1.1. Sistema de carga en serie

Para el diseño del sistema de carga se tomó como referencia las siguientes exigencias:

- Voltaje de alimentación de 110 Voltios de corriente alterna (VCA), ya que este es el voltaje de corriente eléctrica más usado a escala nacional. Esto permitirá el uso del comprobador en cualquier área geográfica.
- Los packs de batería trabajan con voltaje de corriente continua (VCC)
- Se debía realizar un proceso de carga lenta a la batería.
- Un interruptor que permita escoger dos opciones de amperaje.
- Un dispositivo que indique el amperaje de carga.
- Un interruptor para encender y apagar el comprobador.

a) Cálculos

#### Intensidad de carga

En el diseño de este circuito se planteó tener dos rangos de amperaje los cuales se puedan seleccionar mediante un interruptor, para lo cual se usó focos halógenos como limitadores de corriente.

Se planteó usar un circuito en serie y un circuito en paralelo, para lo que se usó las siguientes fórmulas:

La resistencia total de un circuito en paralelo (Joan Ros & Óscar Barrera, 2011):

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{\dots}}} \quad [1]$$

Ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R} \quad [2]$$

Fórmula de la potencia eléctrica (José Navarro, Tomás Gomez, José García & Joaquín Gonzalo, 2014):

$$P = V * I \quad [3]$$

Se planteó para el circuito en paralelo; un voltaje de 110 VCC y usar dos focos halógenos de 100 W, con lo cual se obtuvo el siguiente resultado:

La resistencia de cada halógeno:

$$R = \frac{110^2}{100}$$

$$R = 121 \Omega$$

La resistencia total del circuito:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{121} + \frac{1}{121}}$$

$$R_T = 60.5 \Omega$$

La intensidad de carga:

$$I = \frac{110 V}{60.5 \Omega}$$

$$I = 1.81 \text{ Amp}$$

Para obtener otro rango de amperaje se planteó un voltaje de 110 VCC y un foco halógeno de 500 W, se utilizó la fórmula de la potencia, con lo cual se obtuvo los siguientes resultados:

La Intensidad de carga

$$I = \frac{500 W}{110 V}$$

$$I = 4.54 \text{ Amp}$$

### **Voltaje pico**

También fue necesario calcular el voltaje máximo del circuito, para lo cual se usó la siguiente fórmula (Alcalde, 2016):

$$V_p = \sqrt{2} * V_{rms} \quad [4]$$

Donde:

$V_p$  : Voltaje pico

$V_{rms}$  : Voltaje de alimentación

Entonces:

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

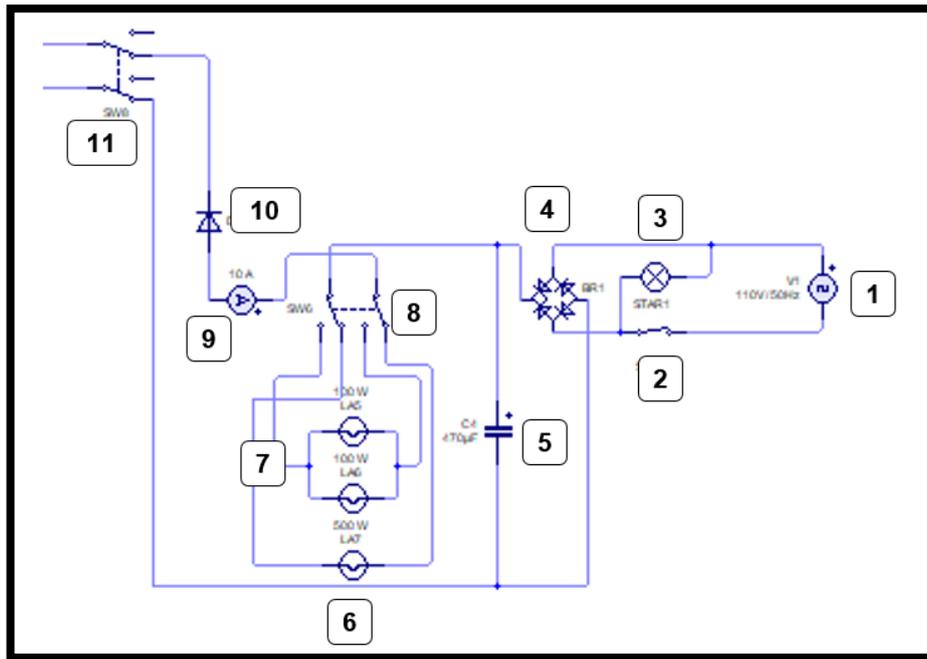
$$V_p = 155.5V$$

b) Diagrama del circuito de carga en serie

Para el diseño del sistema de carga se tomó como referencia el circuito de un cargador básico de baterías, teniendo en cuenta las siguientes modificaciones: la utilización de un puente rectificador de 1000 Voltios y 35 amperios, para transformar la corriente alterna CA en corriente continua CC y un condensador de 470  $\mu$ f y 250 V, conectado en paralelo para filtrar la señal que sale desde el puente rectificador y proteger al circuito del voltaje pico. Además se colocaron tres focos halógenos conectados en serie al sistema que actúan como limitadores de corriente; dos de ellos son de 100 W y están conectados en paralelo (circuito A), el halógeno restante es de 500 W (circuito B), este tipo de configuración permite tener dos circuitos internos( A y B), con los cuales es posible variar el amperaje de carga mediante un interruptor de tres posiciones, gracias al cual se puede elegir el circuito (circuito A permite cargar a 1,2 Amp y el circuito B permite cargar a 2,4 Amp).

Adicionalmente se conectó un amperímetro de 10 Amp que mide la intensidad de corriente del sistema de carga y un diodo para impedir el contraflujo de corriente.

En la figura 8 se muestra el diagrama del circuito diseñado en base al estudio de las exigencias y los cálculos realizados.



**Figura 8:** Diagrama del circuito de carga en serie.

1. Fuente (red eléctrica)
2. Interruptor ON/OFF del comprobador
3. Luz piloto color verde
4. Puente rectificador
5. Condensador electrolítico
6. Foco halógeno de 500 W
7. Focos halógenos de 100 W
8. Interruptor de tres posiciones (selector de amperaje de carga)
9. Amperímetro analógico
10. Diodo
11. Interruptor de tres posiciones (selector de proceso carga o descarga)

### 2.1.1.2. Sistema de descarga en serie

Para el diseño del sistema de descarga se tomó como referencia las siguientes exigencias:

- El voltaje de descarga que varía de 100 a 120 V
- Variación en el amperaje de descarga a través de interruptores.
- Un dispositivo que indique el amperaje de descarga.

a) Cálculos

### Intensidad de descarga en serie

Para determinar la intensidad en el circuito de descarga se utilizó las siguientes fórmulas: la ley Ohm [2] y la fórmula de la potencia [3].

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

$$P = V * I$$

Por la necesidad de tener la posibilidad de seleccionar el amperaje de descarga se planteó y calculó con las siguientes configuraciones:

Se tomó como referencia un voltaje de 110 VCC y dos focos halógenos de 100 W conectados en serie.

$$R = \frac{110^2 V}{100 W}$$

Por lo tanto, la resistencia individual es de:

$$R = 121 \Omega$$

Entonces, en un circuito en serie:

$$R_T = R1 + R2$$

$$R_T = 242 \Omega$$

Usando la ley de Ohm:

$$I = \frac{110 V}{242 \Omega}$$

$$I = 0.5 \text{ Amp}$$

Para obtener otro rango de selección de amperaje se tomó como referencia un voltaje de 110 VCC y dos focos halógenos de 500 W conectados en serie.

$$R = \frac{110^2 V}{500 W}$$

Por lo tanto, la resistencia individual es de:

$$R = 24.2 \Omega$$

Entonces, en un circuito en serie:

$$R_T = R1 + R2$$

$$R_T = 48.4 \Omega$$

Usando la ley de Ohm:

$$I = \frac{110 V}{48.4 \Omega}$$

$$I = 2.3 \text{ Amp}$$

Se buscó otro rango de descarga intermedio para lo cual se planteó un voltaje de 110 VCC y un foco halógeno de 100 W

$$R = \frac{110^2 V}{100 W}$$

Por lo tanto, la resistencia individual es de:

$$R = 121 \Omega$$

Usando la ley de Ohm:

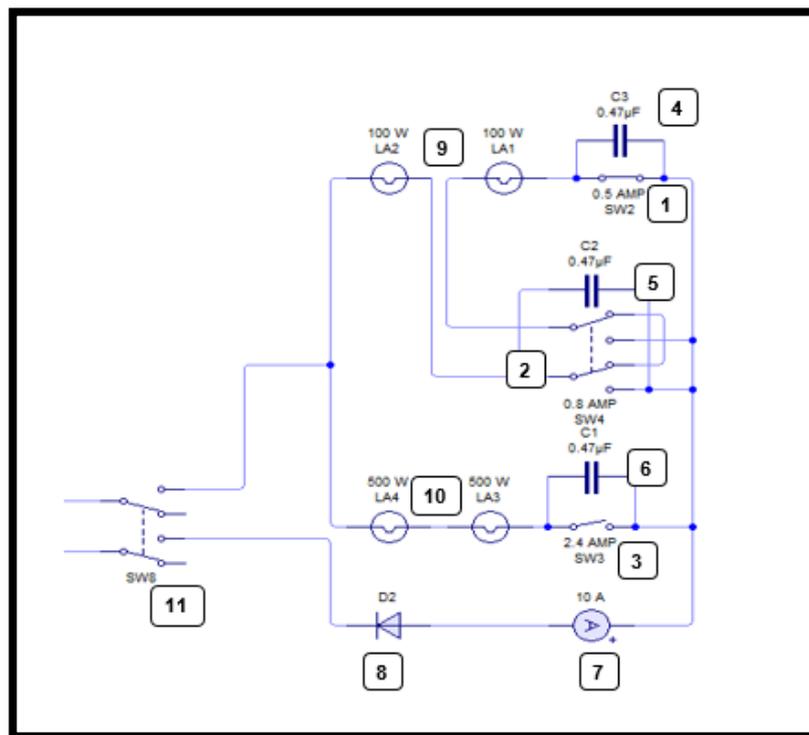
$$I = \frac{110 V}{121 \Omega}$$

$$I = 0.9 \text{ Amp}$$

De esta manera se logró obtener los valores para realizar el circuito de descarga en serie y seleccionar los componentes adecuados.

b) Diagrama del circuito de descarga en serie

Fue necesario simular el consumo de corriente de los motogeneradores a la batería de alto voltaje, para este fin se usó 4 focos halógenos de los cuales dos son de 100 W y dos son de 500 W (Figura 9). Que están conectados en serie entre ellos, además se encuentran conectados en paralelo al sistema y estos están comandados por tres interruptores de dos posiciones, que permiten combinar la configuración de los halógenos para disminuir o incrementar el amperaje de descarga. También está conectado un amperímetro para medir la intensidad de corriente, un diodo que protege al sistema de un contraflujo de energía y tres condensadores de poliéster de 0,22  $\mu\text{f}$  que son los encargados de proteger el sistema de los picos de voltaje.



**Figura 9:** Diagrama del circuito de descarga en serie.

1. Interruptor 1 selector de amperaje (descarga 0,5 amperios)
2. Interruptor 2 selector de amperaje (descarga 1,2 amperios)
3. Interruptor 3 selector de amperaje (descarga 2.4 amperios)
4. Condensador

5. Condensador
6. Condensador
7. Amperímetro
8. Diodo
9. Focos halógenos de 100 W
10. Focos halógenos de 500 W
11. Interruptor de tres posiciones (selector de proceso carga o descarga)

### 2.1.1.3. Sistema de descarga en paralelo

Era necesario tener un sistema que permita equilibrar los packs de la batería, para poder empezar el proceso de carga y descarga en serie; con la certeza de que todos los packs estén en el mismo estado.

Para el diseño del sistema de descarga en paralelo se tomó como referencia las siguientes exigencias:

- Baterías de níquel hidruro metálico
- Voltaje nominal de 7.2 V por módulo o celda
- Voltaje máximo es el 20 % adicional del voltaje nominal
- Conexión en paralelo de los módulos o celdas

a) Cálculos

#### Intensidad de descarga en paralelo

Se tomó como referencia un voltaje de 12 VCC y un foco halógeno H3 de 50 W conectado en serie.

$$R = \frac{12^2 V}{50 W}$$

Por lo tanto, la resistencia individual es de:

$$R = 2.88 \Omega$$

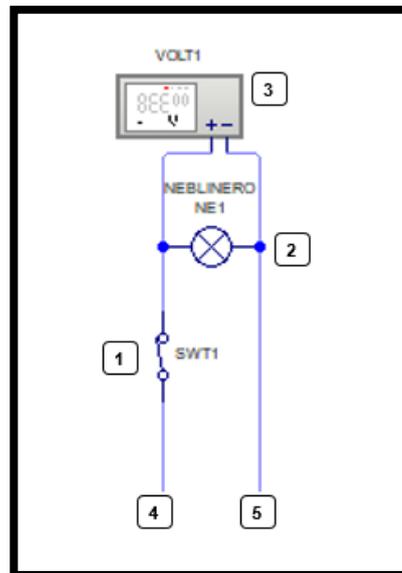
Usando la ley de Ohm:

$$I = \frac{12 V}{2.88 \Omega}$$

$$I = 4.5 \text{ Amp}$$

b) Diagrama del circuito de descarga en paralelo

Para este circuito se utilizó: un voltímetro digital para indicar el voltaje de los packs en este sistema, un foco halógeno H3 con el cual se realiza la descarga de los packs de manera equilibrada y además cuenta con un interruptor que permite activar y desactivar este sistema (Figura 10).



**Figura 10:** Diagrama del circuito de descarga en paralelo.

1. Interruptor ON/OFF del sistema
2. Foco halógeno H3
3. Voltímetro digital
4. Conector positivo
5. Conector negativo

#### 2.1.1.4. Sistema de monitoreo de voltaje

Fue necesaria la simulación de la función de monitoreo que cumple la unidad electrónica de control de la batería HV, para censar constantemente el voltaje de cada uno de los packs durante el proceso de análisis de la misma.

Para esto se utilizó nueve voltímetros digitales en el comprobador, siete de ellos están conectados en paralelo a los packs y sirven para indicar el voltaje de cada uno de los packs que están siendo sometidos a los procesos de carga o descarga en serie (Figura 11).

a) Cálculos

### Capacidad del voltímetro

Se tomó como ejemplo al vehículo híbrido Toyota Prius, ya que es uno de los modelos más vendidos dentro de la gama de híbridos, este vehículo tiene una batería que está compuesta por 28 celdas cuyo voltaje nominal es de 7.2 V cada una y su voltaje máximo es el 20% adicional del voltaje nominal, pero la ECU HV monitorea el voltaje cada dos celdas generando el término Pack por lo tanto se utilizó la siguiente fórmula para calcular la capacidad que debía tener el voltímetro.

$$V_{Pack} = [(V_c * 0.20) + V_c] * 2 \quad [5]$$

Donde:

$V_{pack}$ : Voltaje del Pack

$V_c$ : Voltaje de la celda

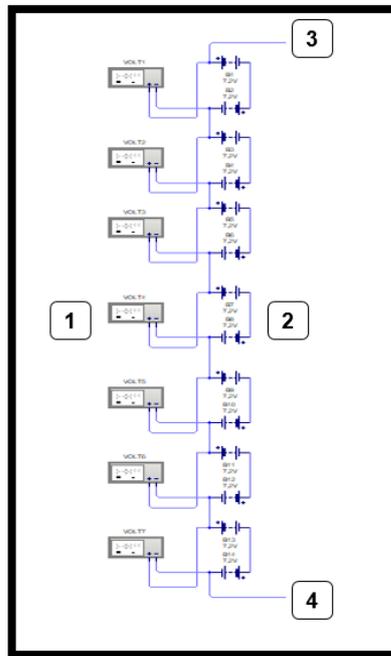
Entonces:

$$V_p = [(7.2 * 0.20) + 7.2] * 2$$

$$V_p = 17.28 V$$

Por lo tanto, 17.28 V es el voltaje que sirvió como base para conocer la capacidad del voltímetro.

## b) Diagrama del circuito de monitoreo de voltaje



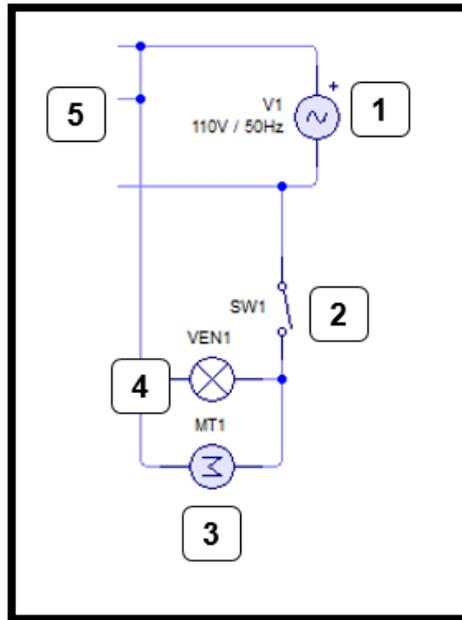
**Figura 11:** Diagrama del circuito de monitoreo de voltaje.

1. Conjunto de volímetros digitales (7 volímetros)
2. Conjunto de packs (7 packs)
3. Salida positiva de los packs conectados en serie
4. Salida negativa de los packs conectados en serie

### 2.1.1.5. Sistema de ventilación

El trabajo realizado por los componentes eléctricos especialmente los focos halógenos generaban una alta temperatura. Por lo tanto, fue indispensable disipar el exceso de calor y mantener una temperatura adecuada de funcionamiento dentro del comprobador (40 °C), para lo cual se instaló un ventilador de 110 VCA con una luz piloto color blanco y un interruptor para la activación del sistema (Figura 12).

a) Diagrama del circuito de ventilación



**Figura 12:** Diagrama del circuito de ventilación del comprobador

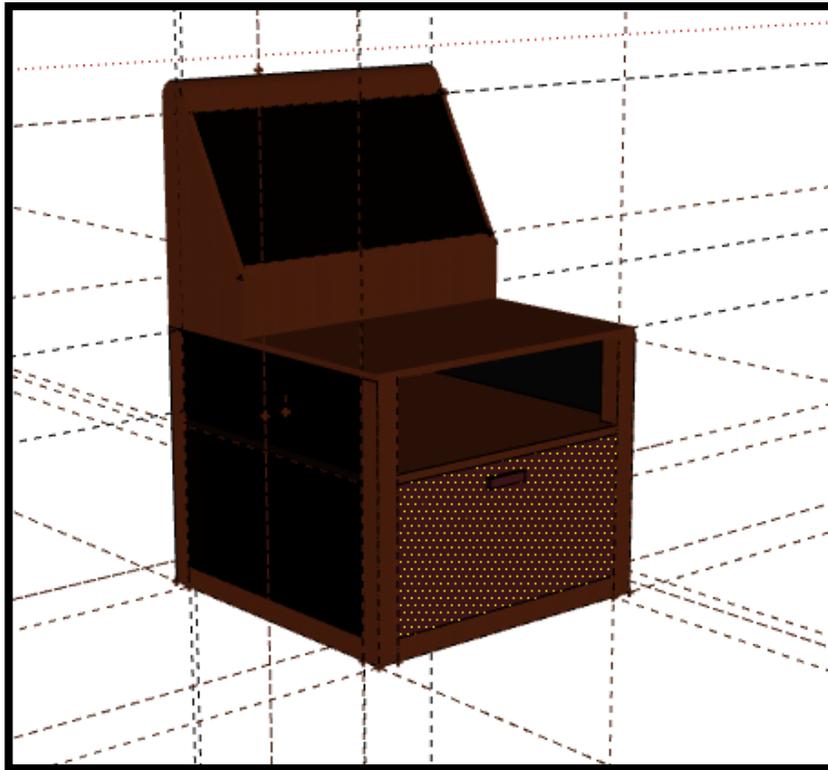
1. Fuente (red eléctrica)
2. Interruptor ON/OFF del sistema de ventilación
3. Ventilador 110 VAC
4. Luz piloto color blanco
5. Conexión del circuito de carga

### 2.1.2. DISEÑO DIGITAL DE LA ESTRUCTURA

Para el diseño de la estructura del comprobador se utilizó un software llamado Sketch Up, es una herramienta CAD que permite diseñar y modelar de manera sencilla en 3D para entornos arquitectónicos y de ingeniería, otra característica especial es que incluye una galería de objetos y texturas de diferentes tipos de materiales, dándole un entorno más real al diseño realizado.

El comprobador de packs de baterías está compuesto por dos partes principales: la primera de estas es la sección superior donde se encuentra instalado el circuito eléctrico, el panel de instrumentos y el área de trabajo, la segunda parte es la sección inferior donde se encuentra un espacio libre para colocar las herramientas utilizadas en el transcurso del estudio de la batería; además cuenta con un cajón de almacenamiento para los packs de la batería y demás accesorios del comprobador para evitar posibles

accidentes después de realizar las comprobaciones pertinentes, como se muestra en la figura 13.

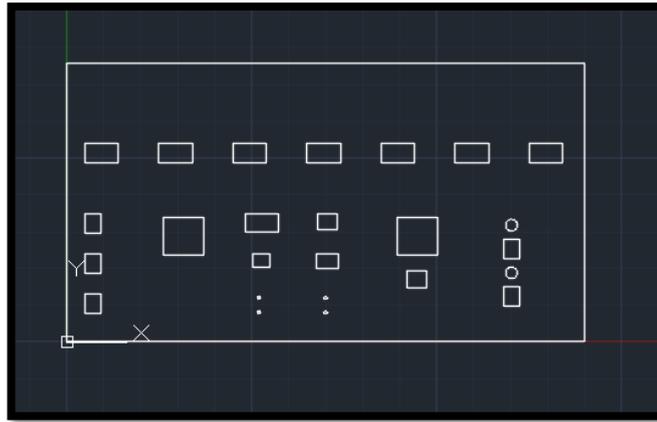


**Figura 13:** Diseño de la estructura del comprobador.

#### **2.1.2.1. Panel de instrumentos**

Para el diseño del panel de instrumentos del comprobador se utilizó un software llamado AutoCAD, es una herramienta CAD (Diseño Asistido por Computadora en sus siglas en inglés) que permite diseñar en 2D y modelar en 3D.

Los instrumentos fueron ubicados de manera específica con el objetivo de brindar al operador la información necesaria que facilite su uso y la correcta interpretación de los datos que emita el comprobador con la mayor precisión en cada uno de los procesos. (figura 14)



**Figura 14:** Diseño del panel de instrumentos.

### 2.1.2.2. Dimensiones del comprobador

Para plantear las dimensiones del comprobador se tuvo en cuenta las siguientes condiciones: la ubicación de cada uno de los componentes, la movilidad del comprobador, la comodidad en el área de trabajo y la accesibilidad a los controles.

A continuación, en la tabla 3 se detallan las dimensiones del comprobador.

**Tabla 3:** Medidas del comprobador

Concepto	Medida
Alto	135 cm
Ancho	70 x 70 cm
Área de trabajo	45 x70 cm
Panel de control	38 x 68 cm

## 2.2. COMPONENTES DEL EQUIPO

Los componentes eléctricos que se detallan a continuación se eligieron teniendo en cuenta las especificaciones de voltaje y amperaje, que se obtuvieron mediante los cálculos de cada sistema para realizar los procesos de carga y descarga de los packs de la batería. Estos componentes son los siguientes:

- **Puente rectificador o Puente de Graetz**

Se utilizó un puente rectificador de 1000 Voltios y 35 Amperios, de codificación KBPC3510, para rectificar la corriente alterna que ingresa desde la fuente y obtener corriente continua a la salida del mismo, este

componente tiene internamente un circuito que consiste en una conexión compuesta de 4 diodos.



Figura 15: Puentes rectificador KBPC3510

- **Condensador electrolítico**

Teniendo en cuenta los cálculos realizados para el diseño del comprobador, se seleccionó un condensador electrolítico, con una capacidad de 470 microfaradios ( $\mu\text{F}$ ) y que soporte un voltaje de 250 V; para lograr filtrar la señal que sale del puente rectificador y proteger al circuito del voltaje pico. Este es el componente ideal para el manejo de un voltaje de alimentación de 110 V y un voltaje pico de 155 V. Ya que este elemento está compuesto por dos placas metálicas separadas con una mínima distancia por un elemento aislante cuya capacidad depende del tamaño de sus placas.

*Cabe recalcar que los condensadores electrolíticos tienen polaridad, por lo tanto, es necesario colocarlo de manera correcta, caso contrario el condensador explota y puede causar quemaduras.*

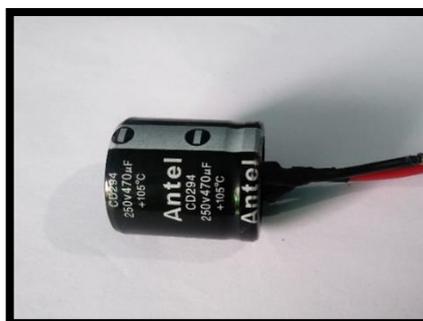


Figura 16: Condensador electrolítico.

- **Condensador de poliéster**

Al desconectar un circuito se obtendrá como defecto una sobretensión en el sistema, por lo tanto, fue necesario usar tres condensadores para el sistema

de descarga en serie, dichos condensadores están colocados en serie en cada interruptor de control de amperaje para la descarga de los packs de la batería.

Los condensadores tienen una capacidad de 0.22 microfaradios ( $\mu\text{F}$ ) y soportan un voltaje máximo de 400 Voltios.

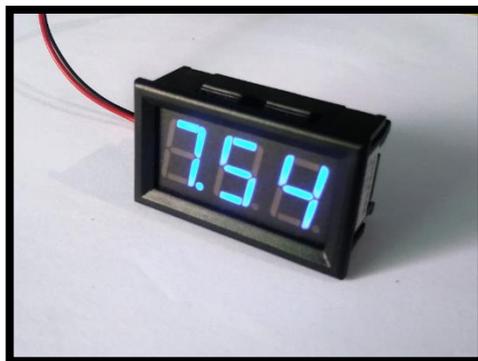


**Figura 17:** Condensador de poliéster

- **Voltímetro digital**

Para cumplir con la función de monitorear el comportamiento individual de los packs de la batería durante la ejecución de cada proceso, se utilizó siete voltímetros digitales para los procesos de carga y descarga en serie. Además, se usaron dos voltímetros adicionales para obtener una mayor cantidad de datos; el primero se utilizó en el sistema de descarga en paralelo con el cual se puede monitorear el voltaje general en este proceso, el segundo se utilizó para complementar a los voltímetros lineales y de esta manera controlar y recolectar el voltaje de cada una de las celdas de la batería.

Los voltímetros utilizados son de tipo digital y su rango de medición es de 0,3 a 30 Voltios.



**Figura 18:** Voltímetro digital

- **Amperímetro analógico**

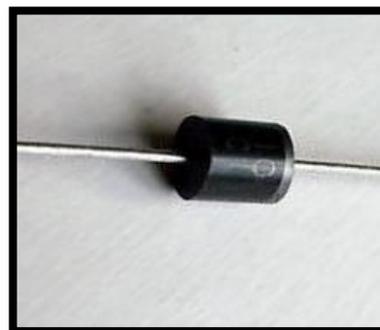
Durante la ejecución de cada uno de los procesos fue necesario medir la intensidad de corriente, es decir, la carga eléctrica que circulaba por el circuito en unidad de tiempo, por tal razón se utilizaron dos amperímetros de escala 0-10 Amp, para el monitoreo del amperaje en el circuito de carga y descarga.



**Figura 19:** Amperímetro analógico

- **Diodos**

Debido a que en el sistema de carga y descarga se intersectan en un cierto punto del circuito fue necesario proteger la instalación del mismo de un posible contraflujo de energía, para esto se utilizó dos diodos de 6 Amp y 1000 V con numeración 6A10



**Figura 20:** Diodo 6A10 (6 amperios, 1000 Voltios)

- **Ventilador de corriente alterna**

En los procesos de carga y descarga entran en funcionamiento los focos halógenos que son los principales generadores de calor dentro del sistema,

por lo tanto, fue necesario disipar y mantener la temperatura óptima para el correcto funcionamiento de los componentes eléctricos del sistema.

Para lo cual se utilizó un ventilador de 110 VCA, ya que debido a su funcionamiento se encarga de mantener un flujo constante de aire por todo el sistema para conseguir una temperatura adecuada de trabajo.

Este ventilador fue colocado de manera estratégica en la parte lateral del área donde se ubicó los focos halógenos para difuminar eficientemente el calor que producían los mismos. Además, se realizó un área tipo rejilla al otro extremo para evacuar el aire caliente hacia el exterior.



**Figura 21:** Ventilador de corriente alterna

- **Luz piloto**

Fue indispensable tener indicadores que señalen el estado en el que se encuentra el comprobador, para esto se utilizó dos focos indicadores de VCA (voltaje de corriente alterna) conocidos como luz piloto de color verde y blanco.

La luz piloto color verde indica cuando el comprobador se encuentra encendido y listo para ejecutar cualquier proceso.

La luz piloto color blanco indica que el sistema de enfriamiento está funcionando y en buen estado.



**Figura 22:** Luz piloto 110 VCA de color blanco y verde.

- **Interruptores**

Se instaló ocho interruptores para controlar y seleccionar los diferentes procesos que realiza el comprobador.

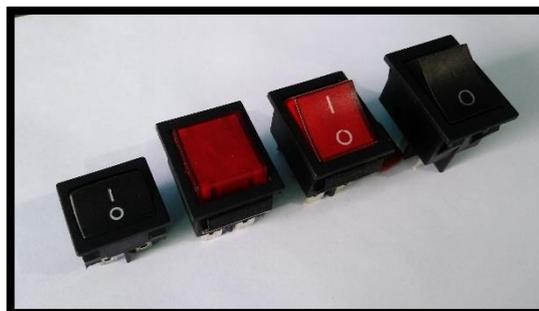
Se utilizó tres interruptores de color rojo de dos posiciones para controlar y seleccionar el amperaje de descarga en serie.

Se utilizó dos interruptores de color rojo de tres posiciones; uno se usó para poder seleccionar el proceso en el cual se desea trabajar, ya sea carga o descarga, el restante se usó para seleccionar el amperaje de carga.

Se utilizó tres interruptores de color negro distribuidos de la siguiente manera:

Dos se usaron para poner en funcionamiento el comprobador; uno es para encender el equipo y el restante para activar el sistema de ventilación.

El interruptor restante se utilizó para activar y desactivar el proceso de descarga en paralelo.



**Figura 23:** Interruptores

- **Terminales**

Se utilizaron terminales para facilitar la conexión de todos los componentes del sistema, se encuentran ubicados al final de cada cable; brindando una mejor conducción de la electricidad y una mejoría en la estética.

Los terminales de ojo fueron utilizados para las conexiones a los amperímetros, mientras que los terminales hembra fueron usados para todas las conexiones de los interruptores, y los terminales machos se usaron para los demás componentes como los focos halógenos.



**Figura 24:** Terminales

- **Cableado**

Para realizar el circuito se utilizó 20 metros de cable flexible número 18 de varios colores. Rojo y negro para distinguir la parte positiva y negativa del circuito, amarillo y verde para los voltímetros.



**Figura 25:** Cable flexible #18

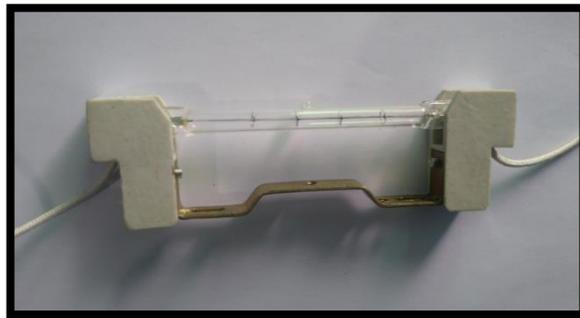
- **Focos halógenos**

Los focos halógenos tienen un funcionamiento superior a los focos de uso común debido a que están compuestos de un filamento de tungsteno y tienen una reacción química equilibrada entre sus gases, combinación que permite alargar su vida útil, por lo tanto, son los componentes ideales para el comprobador ya que sirven como limitadores de corriente para el sistema de carga y como consumidores para el sistema de descarga.

Se usaron siete focos halógenos que se encuentran ubicados de manera lineal en el interior del equipo, están colocados con su respectiva boquilla y funcionan a 110 VCC con una potencia de 100 y 500 Watts, los siete focos utilizados se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

Cuatro son parte del sistema de descarga, dos son de 100 Watts, y dos son de 500 Watts, mediante estos halógenos se logra variar el amperaje de descarga en serie.

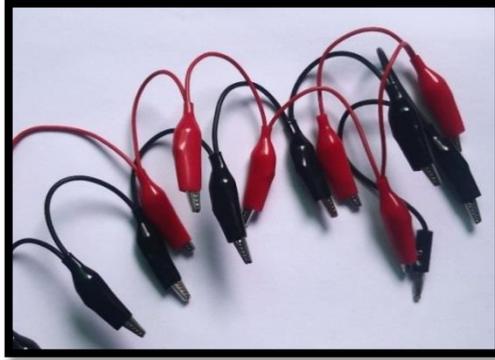
Los tres restantes son parte del sistema de carga, dos son de 100 Watts y el otro es de 500 Watts.



**Figura 26:** Foco halógeno con su respectiva base.

- **Pinzas tipo cocodrilo**

Este tipo de pinzas fueron utilizadas para facilitar la conexión tanto de los voltímetros como de los dos cables (positivo y negativo) del circuito que permiten realizar el proceso de carga y descarga.



**Figura 27:** Pinzas de colores tipo cocodrilo

## **2.3. CONSTRUCCIÓN DEL COMPROBADOR**

### **2.3.1. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA**

Para la construcción de la estructura del comprobador se analizaron las propiedades de diversos materiales, concluyendo que el material más adecuado para realizar dicha estructura es la madera, puesto que este material al ser aislante garantiza la seguridad del operador y la fiabilidad del equipo al evitar posibles cortocircuitos.

Teniendo en cuenta las conclusiones anteriores se procedió a la fabricación de la estructura en el material antes mencionado, con el cual se logró obtener un equipo estable y duradero, que soporte la manipulación y el peso de los packs de la batería.



**Figura 28:** Construcción de la estructura del comprobador.

### **2.3.2. CORTE DEL PANEL DE INSTRUMENTOS**

Para elegir el material del panel de instrumentos se tuvo en cuenta las dimensiones de los componentes eléctricos, fue necesario tener un material adecuado que sea resistente, aislante y brinde una excelente estética al comprobador, por lo tanto, una plancha de acrílico fue el material que cumplía con dichas características siendo el más adecuado para el desarrollo del panel de instrumentos.

El corte del panel de instrumentos se realizó mediante una cortadora láser y el software de AutoCAD en el cual se desarrolló el diseño del mismo.



**Figura 29:** Corte del panel de instrumentos

### **2.3.3. CONEXIÓN DE LOS COMPONENTES**

Se utilizaron herramientas como el cautín, cortafrío, alicates, entre otros, para realizar la conexión de los componentes eléctricos del comprobador. A continuación, se detalla el proceso que se realizó para instalar el circuito eléctrico y los componentes en la estructura del comprobador.

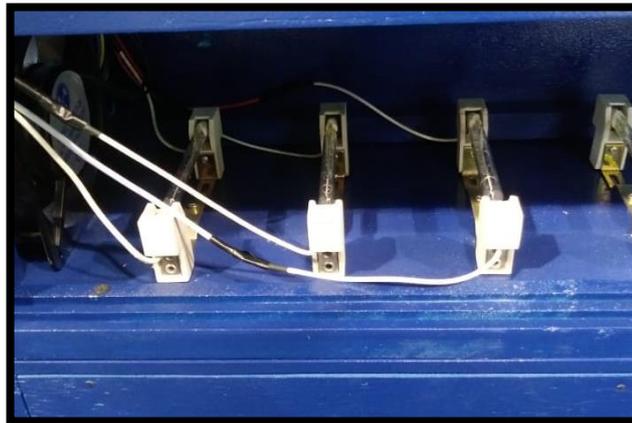
#### **2.3.3.1. Conexión del circuito de carga en serie**

Se realizó la instalación del cableado del sistema de carga adaptando terminales de ojo, machos y hembras, para facilitar su conexión. Se instalaron los interruptores, la luz piloto (color verde) y el amperímetro de carga en el panel de instrumentos con los cuales se enciende, se monitorea y se selecciona el amperaje de carga (Figura 30).



**Figura 30:** Ubicación de los componentes de carga en el panel de control

Adicionalmente, en el interior del comprobador se instaló los focos halógenos (primero, segundo y tercero), limitadores de la intensidad de corriente (Figura 31).



**Figura 31:** Conexión de los limitadores de corriente.

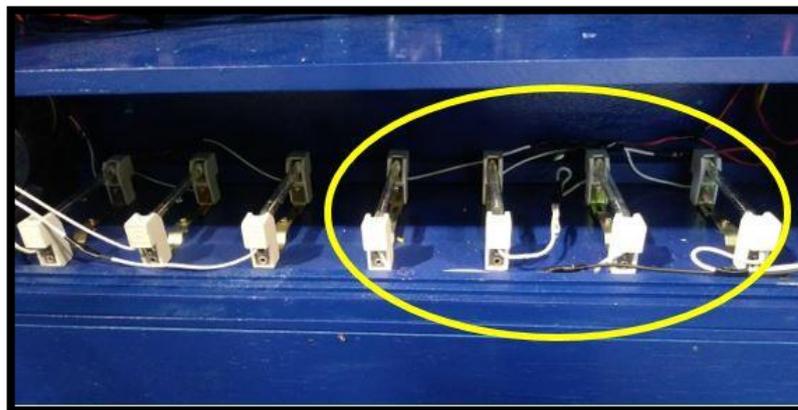
### 2.3.3.2. Conexión del circuito de descarga en serie

Se realizó la instalación del cableado del sistema de descarga y se ubicó en el panel de control los tres interruptores que permiten seleccionar el amperaje de descarga y el amperímetro para medir la intensidad de corriente (Figura 32).



**Figura 32:** Ubicación de los componentes de descarga en serie en el panel de control

Seguidamente en la parte interna del comprobador se instaló los cuatro focos halógenos que simulan el consumo de los motogeneradores del vehículo (Figura 33).



**Figura 33:** Conexión de los consumidores de corriente

### **2.3.3.3. Conexión del circuito de descarga en paralelo**

Se instaló el voltímetro y el interruptor en el panel de instrumentos, también se realizó la conexión del cableado y el halógeno H3 en el interior del comprobador (Figura 24).



**Figura 34:** Ubicación del circuito de descarga en paralelo

#### 2.3.3.4. Conexión del sistema de ventilación

Se colocó el ventilador en la parte lateral del comprobador con el objetivo de obtener el mayor beneficio del mismo, se realizó la conexión del cableado, el interruptor y la luz piloto en el panel de instrumentos (Figura 35).



**Figura 35:** Ubicación del sistema de ventilación

#### 2.3.3.5. Conexión del circuito de monitoreo de voltaje

Se procedió a la ubicación de los nueve voltímetros digitales en el panel de instrumentos (Figura 36), de los cuales; siete son usados para monitorear el voltaje de los packs durante el proceso de carga y descarga en serie, de cada uno de los voltímetros salen dos cables (positivo color azul y negativo color amarillo) por el lado derecho del comprobador, los cuales se deben conectar en paralelo a cada uno de los packs (los packs deben estar conectados en serie).

Otro voltímetro fue instalado para monitorear el voltaje en el sistema de descarga en paralelo, y el restante se instaló de manera individual con dos cables auxiliares (salen por el centro del comprobador) que se utilizan para medir de manera independiente a cada una de las celdas que conforman los packs de la batería de alto voltaje.



Figura 36: Ubicación de los voltímetros.

## 2.4. FUNCIONAMIENTO DEL COMPROBADOR

Para comprobar el correcto funcionamiento del comprobador de packs se realizó dos pruebas en cada uno de los procesos que permite realizar el comprobador, utilizando 14 packs de una batería del Toyota Prius de tercera generación.

### 2.4.1. PRUEBAS DE VOLTAJE

En las pruebas de voltaje se utilizó un multímetro digital para calibrar y determinar la tolerancia de los voltímetros del comprobador, de esta manera se logró hacer que los valores indicados sean confiables y precisos.

**Nota:** El voltaje se mide en paralelo, se debe comprobar que los bornes estén correctamente colocados en el multímetro y seleccionar la función para medir voltaje de corriente continua.



Figura 37: Calibración de voltímetros.

#### 2.4.2. PRUEBAS DE AMPERAJE

Para las pruebas de amperaje se utilizó un multímetro digital con la función de amperímetro para poder comparar el valor indicado por el comprobador y el valor indicado en el equipo de medición (Figura 38).

**Nota:** El amperaje se mide en serie, y los bornes deben ser colocados correctamente en el equipo de medición (multímetro digital), además se debe seleccionar la función de amperaje. **“omitir uno de estos detalles, puede causar un grave accidente o estropear el equipo de medición”.**



Figura 38: Comprobación de amperaje.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. RANGOS DE AMPERAJE

Para la obtención de los componentes principales del comprobador que permitieron simular las condiciones de carga y descarga a los packs de la batería HV se realizó cálculos previos con diferentes configuraciones y componentes con diferente potencia con lo cual la se obtuvo los datos que se detallan en las tablas 4 y 5.

**Tabla 4:** Cálculos para conexión en serie

Potencia de los Halógenos	SERIE			
	Resistencia unitaria	Numero de halógenos	Resistencia total	Intensidad de corriente
100	121,0	1	121,0	0,9
	121,0	2	242,0	0,5
	121,0	3	363,0	0,3
300	40,3	1	40,3	2,7
	40,3	2	80,7	1,4
	40,3	3	121,0	0,9
500	24,2	1	24,2	4,5
	24,2	2	48,4	2,3
	24,2	3	72,6	1,5

**Tabla 5:** Cálculos para conexión en paralelo

Potencia de los Halógenos	PARALELO			
	Resistencia unitaria	Numero de halógenos	Resistencia total	Intensidad de corriente
100	121,0	1	121,0	0,9
	121,0	2	60,5	1,8
	121,0	3	40,3	2,7
300	40,3	1	40,3	2,7
	40,3	2	20,2	5,5
	40,3	3	13,4	8,2
500	24,2	1	24,2	4,5
	24,2	2	12,1	9,1
	24,2	3	8,1	13,6

Para simular las condiciones de carga y descarga de la batería de alto voltaje se optó por seleccionar las siguientes configuraciones:

### **Para el proceso de carga**

Conexión en paralelo de dos halógenos de 100 W los cuales presentaban una resistencia individual de 121  $\Omega$ , una resistencia total de 60.5  $\Omega$  para limitar la corriente de carga a 1.8 Amp. Comparando con el valor real del equipo ya construido se obtuvo una diferencia de 0.6 Amp ya que en la prueba realizada el equipo carga a 1.2 Amp.

También se optó por elegir la configuración en serie de un halógeno de 500 W, el cual presentaba una resistencia de 24.2  $\Omega$  para limitar la corriente a 4.5 Amp y el valor real del comprobador fue de 2.5 Amp obteniendo una diferencia de 2 Amp.

### **Proceso de descarga**

Para el proceso de descarga se optó por utilizar tres tipos de configuraciones para obtener tres rangos de amperaje; la primera configuración fue conectar en serie dos halógenos de 100 W, los mismos que presentaban una resistencia individual de 121  $\Omega$  y una resistencia total de 242  $\Omega$  para consumir una intensidad de 0.5 Amp, la segunda configuración fue conectar un halógeno 100 W en serie para consumir 0.9 Amp y la tercera configuración fue conectar dos halógenos de 500 W para consumir una intensidad de 2.3 Amp. En las configuraciones realizadas para el proceso de descarga en serie la diferencia entre los cálculos realizados y el valor real en las pruebas ejecutadas en el comprobador fue de 0.2 Amp.

## **3.2. DATOS OBTENIDOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL COMPROBADOR**

Para realizar las pruebas de funcionamiento del comprobador se utilizó una batería del Toyota Prius de tercera generación. Los resultados se basaron en la información obtenida al realizar pruebas a los packs de la batería antes mencionada, la misma que fue dividida en dos bloques de 7 packs cada uno.

Estas pruebas demostraron el correcto funcionamiento del comprobador de packs evaluando:

- La Variación de la intensidad en las pruebas de carga en serie menor a 0.5 Amp.
- La Variación de la intensidad en las pruebas de descarga en serie menor a 0.5 Amp.

### 3.2.1. VARIACIÓN DE LA INTENSIDAD EN LAS PRUEBAS DE CARGA EN SERIE

A continuación, en las tablas 6 y 7 se detallan los resultados obtenidos en el proceso de carga en el rango de 1.2 y 2.4 Amp, a los dos bloques de la batería, a los cuales se les denominó bloque A y bloque B.

**Tabla 6:** Prueba de carga en serie al Bloque A

Tiempo de carga (min)	Amperaje Prueba 1.2 Amp	Amperaje Prueba 2.4 Amp
0	1.28	2.38
5	1.25	2.24
10	1.23	2.23
15	1.21	2.26
20	1.19	2.23
25	1.18	2.19
30	1.18	2.14
35	1.16	2.14
40	1.13	2.13
45	1.11	2.11
50	1.09	2.11
55	1.07	2.09
60	1.07	2.09

En la prueba de carga al bloque A se puede observar que la variación del amperaje en el rango de 1.2 Amp fue de 0.21 Amp y en el rango de 2.4 Amp la variación fue de 0.29 Amp durante 60 minutos.

**Tabla 7:** Prueba de carga en serie al Bloque B

Tiempo de carga (min)	Amperaje Prueba 1.2 Amp	Amperaje Prueba 2.4 Amp
0	1.25	2.38
5	1.19	2.28
10	1.18	2.23
15	1.15	2.20
20	1.14	2.16
25	1.11	2.15

Continúa...

Continuación...

30	1.10	2.13
35	1.09	2.11
40	1.09	2.10
45	1.07	2.07
50	1.06	2.05
55	1.04	2.03
60	1.03	2.00

La prueba de carga realizada al bloque B indicó que la variación del amperaje en el rango de 1.2 Amp fue de 0.22 Amp y en el rango de 2.4 Amp la variación fue de 0.38 Amp

Por lo tanto, como se indica en la figura 39, la variación del amperaje en el proceso de carga de los dos bloques fue similar y su variación es menor a 0.5 Amp, por lo que se determinó que el proceso de carga en serie se encuentra listo para diagnosticar y analizar el estado de los packs de una batería HV.

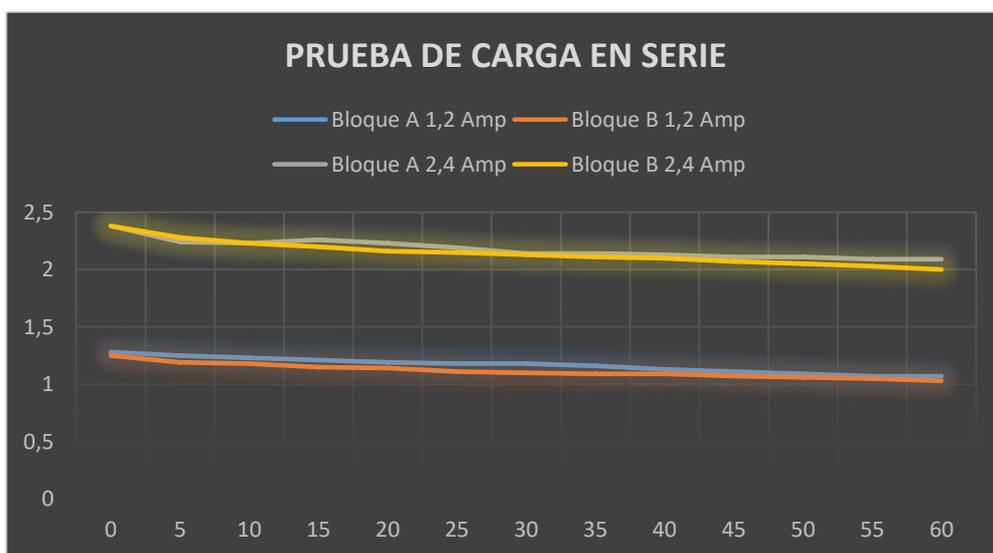


Figura 39: Variación de amperaje en el proceso de carga en serie

### 3.2.2. VARIACIÓN DE LA INTENSIDAD EN LAS PRUEBAS DE DESCARGA EN SERIE

Después de la prueba de carga se procedió a realizar la prueba de descarga en serie de igual manera a los dos bloques, obteniendo los resultados que se detallan en las tablas 8 y 9.

**Tabla 8:** Prueba de descarga en serie al Bloque A

<b>Tiempo de carga (min)</b>	<b>Amperaje Prueba 0.5 Amp</b>	<b>Amperaje Prueba 0.8 Amp</b>	<b>Amperaje Prueba 2.4 Amp</b>
0	0.60	0.89	2.35
10	0.58	0.88	2.24
20	0.58	0.87	2.10
30	0.58	0.86	2.13
40	0.58	0.86	2.10
50	0.57	0.84	2.05
60	0.57	0.84	2.00
70	0.56	0.82	-
80	0.56	0.80	-
90	0.54	0.76	-
100	0.54	0.74	-
110	0.54	0.73	-
120	0.53	0.71	-
220	0,51	-	-

Como indica la tabla 8 la variación del amperaje en el proceso de descarga en el rango de 0,5 Amp fue de 0.09 Amp, en el rango de 0.8 Amp la variación del amperaje fue de 0.14 Amp y en el rango de 2.4 Amp la variación del amperaje fue de 0.35 Amp.

**Tabla 9:** Prueba de descarga en serie al Bloque B

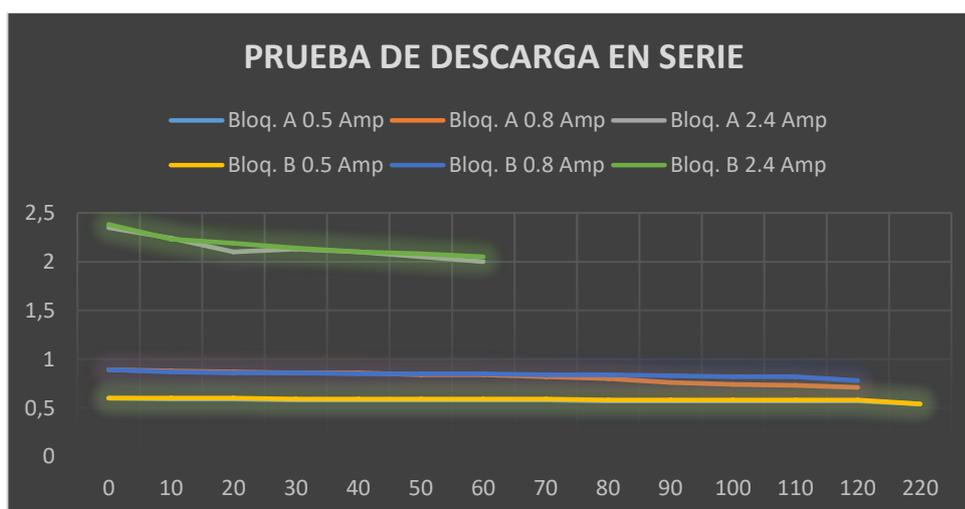
<b>Tiempo de carga (min)</b>	<b>Amperaje Prueba 0.5 Amp</b>	<b>Amperaje Prueba 0.8 Amp</b>	<b>Amperaje Prueba 2.4 Amp</b>
0	0.60	0.89	2.38
10	0.59	0.87	2.23
20	0.59	0.86	2.19
30	0.58	0.86	2.14
40	0.58	0.85	2.10
50	0.58	0.85	2.08
60	0.58	0.85	2.05
70	0.58	0.84	-
80	0.57	0.84	-

Continúa...

Continuación...			
90	0.57	0.83	-
100	0.57	0.82	-
110	0.57	0.82	-
120	0.57	0.78	-
220	0.54	-	-

En la tabla 9 se detallan los datos obtenidos de la prueba de descarga en serie realizada al bloque B, con lo cual se obtuvo que la variación del amperaje en el rango de 0.5 Amp fue de 0.06 Amp, en el rango de 0.8 Amp fue de 0.11 Amp y en el rango de 2.4 Amp la variación fue de 0.33 Amp.

Por lo tanto, en la figura 40 se indica la variación del amperaje en las pruebas realizadas a los bloques A y B en el proceso de descarga en serie, la misma que es menor a 0.5 Amp. Con lo cual se determinó la fiabilidad del proceso



**Figura 40:** Variación de amperaje en el proceso de descarga en serie

### 3.2.3. PRUEBAS DE DESCARGA EN PARALELO

Con el objetivo de que los packs sean equilibrados antes y después de realizar los procesos de carga y descarga en serie, se diseñó el proceso de descarga en paralelo, en este proceso no es importante la variación del amperaje ya que la función de este sistema es descargar al mínimo los packs. Pero fue necesario detallar esta variación para analizar su funcionamiento.

En la tabla 10 se detalla la disminución del amperaje conforme a la disminución del voltaje en función del tiempo

**Tabla 10:** Prueba de descarga en paralelo al Bloque A

Tiempo de carga (min)	Voltaje del bloque	Amperaje (Amp)
0	6.8	3.05
15	6.5	2.93
30	6.1	2.87
45	5.98	2.81
60	5.68	2.75
75	5.43	2.68
90	4.95	2.55
105	4.85	2.47
120	4.42	2.34
135	4.01	2.20
150	3.54	2.14
165	3.14	1.88
180	3	1.80

Como se visualiza en la tabla 10 la variación del amperaje es de 1.25 Amp mientras que la variación del voltaje es de 3.8 V y todo este proceso se llevó a cabo durante un tiempo de 180 minutos aproximadamente (depende de la carga y el estado de los packs), para lo cual 180 minutos se ha tomado como promedio para este tipo análisis.

**Tabla 11:** Prueba de descarga en paralelo al Bloque B

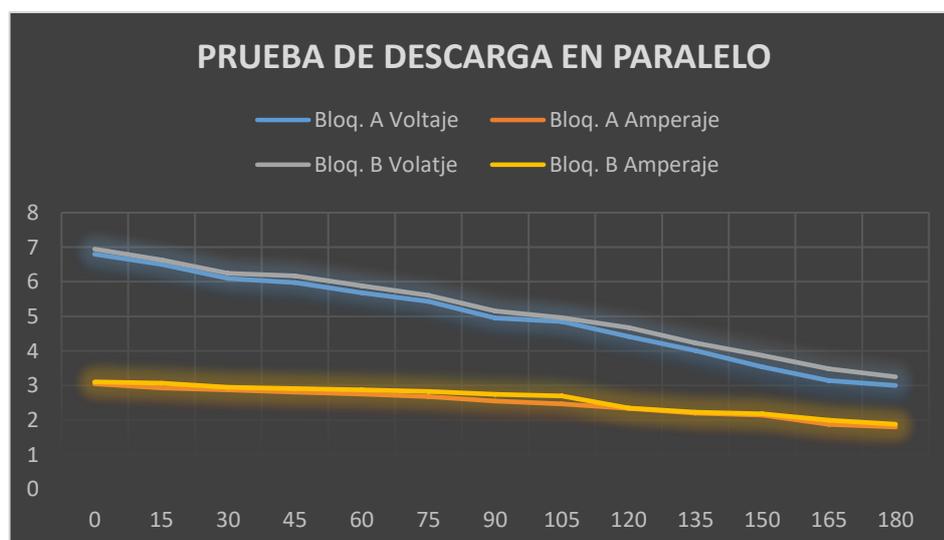
Tiempo de carga (min)	Voltaje del bloque	Amperaje
0	6.95	3.10
15	6.63	3.07
30	6.24	2.95
45	6.17	2.91
60	5.88	2.87
75	5.61	2.83
90	5.15	2.74
105	4.96	2.70
120	4.67	2.35

Continúa...

Continuación...			
	135	4.23	2.23
	150	3.87	2.18
	165	3.48	2.00
	180	3.25	1.88

En la tabla 11 se puede analizar que los packs del bloque B tienen una mayor cantidad de energía con respecto a los packs del bloque A, por lo que en el mismo tiempo presentaron más energía disponible. Entonces, la variación del amperaje fue de 1.22 Amp mientras que la variación del voltaje fue de 3.7 V en los 180 minutos.

En la figura 41 se puede visualizar como la variación del voltaje es mucho más progresiva que la variación del amperaje. Por lo tanto, se determinó que este proceso permite descargar al mínimo los packs de una batería de alto voltaje y equilibrarlos cuando alcanzan los 3 V y 2 Amp.



**Figura 41:** Variación de amperaje y voltaje en el proceso de descarga en paralelo

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- Considerando los criterios de diseño y funcionamiento, el comprobador de packs permite realizar pruebas a las baterías de níquel hidruro metálico utilizadas en los vehículos Toyota High Lander y Prius de segunda y tercera generación.
- Dentro de la presente investigación se pudo observar que el prototipo de comprobador de packs de baterías híbridas, obtuvo una variación de amperaje en las pruebas de carga y descarga en serie menor a 0.5 Amp, por lo cual no afecta a los resultados en el diagnóstico y análisis a una batería de alto voltaje.
- De acuerdo con el diseño y los resultados demostrados, el empleo de focos halógenos como limitadores y consumidores de corriente fueron los componentes adecuados para simular las condiciones de carga y descarga a los packs de una batería de alto voltaje.
- Dentro de la presente investigación se pudo observar que el uso de halógenos de 110 VCC de 100 y 500 W conectados en serie o paralelo permitió obtener dos rangos (1.2 y 2.4 Amp) para seleccionar el amperaje de carga y tres rangos (0.5, 0.8 y 2.4 Amp) para seleccionar el amperaje de descarga.
- El uso de programas o softwares en la presente investigación evitó el gasto innecesario de tiempo y dinero en la realización de pruebas de funcionamiento ya que permitió realizar los circuitos y la estructura de manera virtual para simular y verificar el correcto funcionamiento del comprobador.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Previo al uso del prototipo de comprobador de packs para baterías de vehículos híbridos, se recomienda la utilización de equipo de protección personal como: guantes y zapatos dieléctricos, con la finalidad de evitar descargas eléctricas hacia el operador.
- Para realizar el respectivo diagnóstico y análisis a las baterías de vehículos híbridos se recomienda desarrollar un manual para el comprobador que especifique los parámetros como tiempo, amperaje, voltaje y procesos que permitan determinar el estado de los packs.
- Se recomienda colocar todos los interruptores en la posición **off** para realizar cualquier tipo de conexión o desconexión de las pinzas tipo cocodrilo a los packs de la batería HV, con el fin de evitar daños al comprobador y descargas eléctricas al operador.
- Dentro de la utilización del prototipo de comprobador de packs de baterías híbridas se recomienda no conectar a redes eléctricas de 220 V, puesto que provocaría un cortocircuito al dispositivo.
- Se recomienda a futuros estudiantes interesados en esta rama de la industria automotriz realizar investigaciones para mejorar la eficiencia y alargar la vida útil de la batería mediante el comprobador de packs.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- A. Puerto Martín. (2016). *Contaminación por automóviles*. Obtenido de <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/portal/enciclopedia/terminos/ContamAut.htm>
- Alcalde, P. (2016). *Electrónica aplicada*. Madrid: Paraninfo.
- AutoAvance. (Marzo de 2014). *Componentes de Vehículos Híbridos: La Batería HV*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2018
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación, administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Bogotá, Colombia: Pearson.
- Buendía, R. (14 de Agosto de 2017). *La historia del híbrido más famoso: Toyota Prius*. Obtenido de <http://motorbit.com/la-historia-del-hibrido-mas-famoso-toyota-prius/?pais=>
- Calaza, H. (2014). *¿Qué son y cómo funcionan los autos híbridos?* Obtenido de <http://noticias.ve.autocosmos.com/2014/07/30/que-son-y-como-funcionan-los-autos-hibridos>
- Cazaravilla. (2012). *Autos Híbridos y Eléctricos*. Montevideo: Universidad de la República.
- Cise Electronics Corp. (2009). *Lección 3 BATERÍA ALTA TENSIÓN. SISTEMAS HÍBRIDOS*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2018
- Denton, T. (2012). *Automobile Electrical and Electronic Systems*. Nueva York, Estados Unidos: Routledge.
- Electromovilidad.com. (2018). *Tipos de batería para coche eléctrico*. Obtenido de <http://electromovilidad.net/tipos-de-bateria-para-coche-electrico/>
- Enerjet. (2016). *Baterías híbridas*. Obtenido de <http://www.enerjet.com.pe/blog/baterias-autos-hibridos/>
- García, J. (2006). *Diseño, implementación y análisis de un prototipo de vehículo híbrido*. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- GigaTeco. (2013). *Un tester eléctrico*. Obtenido de <http://gigatecno.blogspot.com/2012/12/que-es-un-tester-electrico-y-para-que.html>
- Gómes F. & Hidalgo D. (2014). *Diseño y construcción de un banco de pruebas genérico, para reparación y mantenimiento de baterías*

*híbridas*. (Tesis de grado) Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga.

Infotaller.tv. (25 de Febrero de 2016). *Un buen mantenimiento alarga la vida útil de las baterías de híbridos hasta el 25%*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2018, de [https://www.infotaller.tv/electromecanica/buen-mantenimiento-alarga-baterias-hibridos\\_0\\_975502446.html](https://www.infotaller.tv/electromecanica/buen-mantenimiento-alarga-baterias-hibridos_0_975502446.html)

Iza, H. (2017). *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*. (Tesis de grado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Joan Ros & Óscar Barrera. (2011). *Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad*. Madrid: Paraninfo.

José Navarro, Tomás Gomez, José García & Joaquín Gonzalo. (2014). *Electricidad del vehículo*. Meres: Paraninfo.

Manual Toyota Prius. (2010). *Generalidades del sistema híbrido toyota II THS*. Guayaquil, Ecuador.

Martín, N. G. (2010). *Impacto de la incorporación del vehículo eléctrico en la integración de energías renovables en el sistema eléctrico*. (Tesis de grado). Universidad Carlos III de Madrid, Leganés.

Martínez, A. (06 de Julio de 2015). *¿Quién inventó el coche híbrido?* Obtenido de <https://www.autofacil.es/coches-electricos-e-hibridos/2015/07/06/invento-coche-hibrido/26194.html>

Michelet, J. P. (2018). *4 razones por las cuales es una gran idea comprar un auto híbrido*. Recuperado el 14 de Diciembre de 2018, de <https://patiodeautos.com/general/4-razones-por-las-cuales-es-una-gran-idea-comprar-un-auto-hibrido/>

Morán, A. (05 de Junio de 2018). *3 ventajas y 3 inconvenientes de los coches híbridos*. Recuperado el 14 de Diciembre de 2018, de <https://www.autobild.es/noticias/3-ventajas-3-inconvenientes-coches-hibridos-258833>

Pardo, M. (2016). *Desarrollo de un simulador para el estudio de la red eléctrica como canal de comunicación*. Obtenido de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-48212006000300006](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212006000300006)

Pástor J. & Velasco L. (2014). *Reutilización de Baterías de Vehículos Híbridos para el Consumo Alternativo; como energía de emergencia en viviendas de bajo consumo energético, Recargadas mediante*

*paneles solares*. (Tesis de grado). Universidad Internacional del Ecuador, Quito.

Pellicer, E. (1997). *Automóviles Electricos*. Zaragoza.

Pérez, D. A. (Mayo de 2015). *Influencia del vehículo eléctrico sobre la fiabilidad de los sistemas eléctricos*. (Tesis de grado). Universidad Carlos III de Madrid, Leganés.

Perez, M. (20 de Septiembre de 2014). *¿Cómo funciona el motor híbrido de un coche?* Obtenido de <https://blogthinkbig.com/funcionamiento-del-motor-hibrido>

R. Iglesias, A. Lago, A. Nogueiras, C. Martínez, J. Marcos, C. Quintans, M. Moure, and M. Valdés. (Junio de 2012). Modelado y simulación de una batería de ion-litio comercial multicelda. *Seminario Anual de Automática*. Electrónica Industrial e Instrumentación.

Ros J. y Barrera O. (2017). *Vehículos eléctricos e híbridos*. Madrid: Paraninfo.

Toyota. (2017). *Funcionamiento de la tecnología híbrida*. Recuperado el 25 de Octubre de 2018, de <https://www.toyota.es/world-of-toyota/articles-news-events/2017/conoce-funciona-tecnologia-hibrida-toyota.json>

Zelaya, O. (2006). *Análisis general de los vehículos híbridos y su funcionamiento*. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Zúñiga, V. (2014). *Propuesta de las características técnicas de un vehículo eléctrico para uso privado en Lima metropolitana*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

**ANEXOS**

# ANEXO 1

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

ABREVIACIONES	SIGNIFICADO
Amp	Amperios
V	Voltios
HV	High Voltage (Alto voltaje)
MCI	Motor de Combustión Interna
ECU	Unidad de control electrónico
SOC	Estado de Carga (State Of Charger)
MG1	Motogenerador 1
MG2	Motogenerador 2
VH	Vehículo Híbrido
$\mu$ F	Microfaradios
VCA	Voltaje de Corriente Alterna
VCC	Voltaje de Corriente Continua
W	Watts
CAD	Diseño Asistido por Computadora

## ANEXO 2

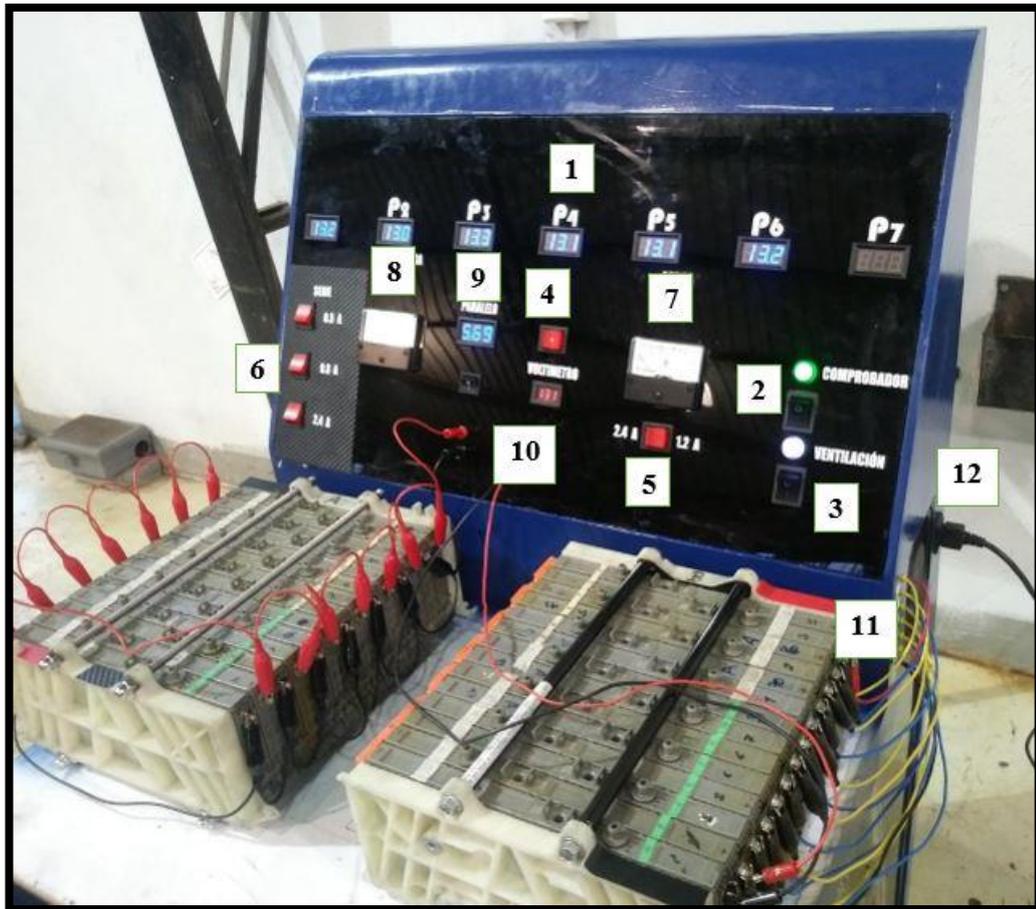
### TABLA DE COMPONENTES UTILIZADOS

COMPONENTES	ESPECIFICACIONES
Amp Puente rectificador o puente de Graetz	KBPC3510 1000 Voltios y 35 Amp.
Condensador electrolítico	470 microfaradios y 270 voltios
Condensador de poliéster	0.22 microfaradios y 400 voltios
Voltímetro	Digital de 30 V
Amperímetro	Analógico de 10 Amp
Diodos	Diodo 6A10 6 Amp y 1000 V
Ventilador	110 VCA
Luz piloto	110 VCA blanco y verde
Interruptores	De 110 VCA de dos y tres posiciones
Terminales	Macho, hembra y de ojo
Cableado	20 metros de cable #18
Focos halógenos	De 100 y 500 W
Pinzas tipo cocodrilo	Medianos de color rojo y negro

## ANEXO 3

### INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

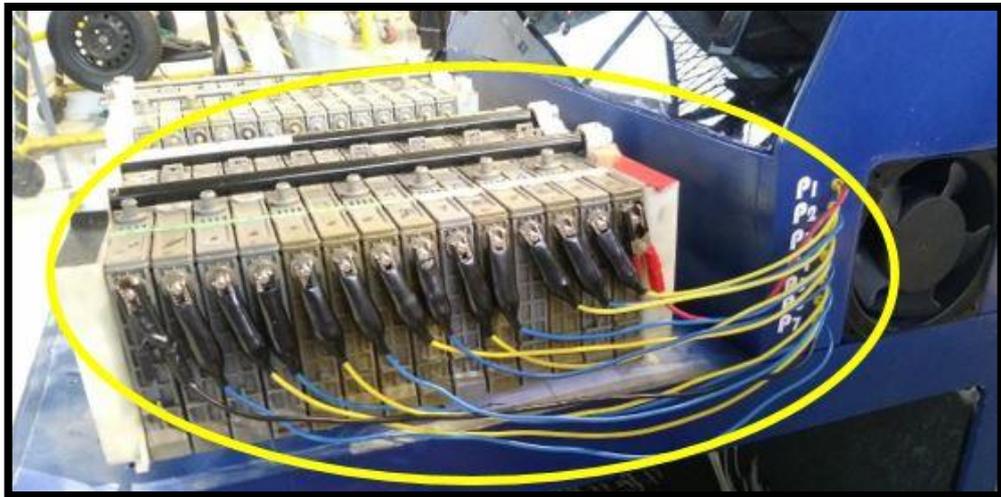
- Partes del comprobador



1. Voltímetros que monitorean el voltaje de los packs conectados en serie.
2. Encendido el comprobador
3. Encendido de la ventilación
4. Selector de procesos
5. Selector de amperaje de carga
6. Selectores de amperaje de descarga
7. Amperímetro de carga
8. Amperímetro de descarga
9. Proceso de descarga en paralelo (voltímetro, interruptor y conectores hembra)
10. Voltímetro adicional (medir individualmente las celdas)
11. Cables de conexión a la batería
12. Conexión a la red eléctrica 110 VCA

- **Recomendaciones generales**

- Verificar que los interruptores estén desactivados (en la posición off) antes de conectar o desconectar los cables.
- Conectar los cables ubicados en la parte lateral a al bloque de packs de batería de acuerdo al orden señalado.
- Antes de activar cualquier proceso revisar la conexión de los cables.
- Para un análisis superior se puede utilizar el voltímetro adicional.
- Colocar las herramientas y demás accesorios en la parte inferior del equipo, caso contrario se puede producir un corto circuito o una descarga eléctrica al operador.
- El área de trabajo es únicamente para colocar los bloques que contienen los packs de baterías.



# ANEXO 4

## EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS



