

Universidad internacional del Ecuador



Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz

Trabajo de Integración Curricular

Artículo de Investigación para la obtención del Título de Ingeniería en
Mecánica Automotriz

“Análisis del proceso de recuperación de una batería de alta tensión, a través de la construcción de un banco de pruebas de HV”

Nombres de los autores:

Cesar Paolo Guasumba Fiallos

Bryan Alexander Rosales Esparza

Director: Ing. Luis Fabricio Corrales Zurita

Codirector: Ing. Denny Javier Guanuche Larco

Quito, octubre 2022

CERTIFICACIÓN

Por medio del presente certificado doy a conocer que el artículo presentado es la autoría de Cesar Paolo Guasumba Fiallos, declaro bajo juramento que el trabajo presentado aquí es de mi propiedad intelectual, este documento no ha sido presentado anteriormente en ningún grado o certificado profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Sedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad El Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad intelectual, reglamento y leyes.



Cesar Paolo Guasumba Fiallos

Yo, Ing. Luis Fabricio Corrales Zurita, certifico que conozco a los autores de la presente investigación, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y de su autenticidad, como de su contenido.



Ing. Luis Fabricio Corrales Zurita

DIRECTOR
CERTIFICACIÓN

Por medio del presente certificado doy a conocer que el artículo presentado es la autoría de Bryan Alexander Rosales Esparza, declaro bajo juramento que el trabajo presentado aquí es de mi propiedad intelectual, este documento no ha sido presentado anteriormente en ningún grado o certificado profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Sedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad El Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad intelectual, reglamento y leyes.



Bryan Alexander Rosales Esparza

DEDICATORIA

A mi familia por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que los incluye este. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas me motivaron constantemente para alcanzar mis metas.

Gracias Familia.

César Guasumba.

DEDICATORIA

Dedico inicialmente este trabajo a Dios, por ser quien guía mi camino y estar conmigo en todo momento de mi vida. A mis padres, quienes son mi mayor tesoro y mi más grande ejemplo de superación, constancia y amor, gracias por apoyarme en cada paso que he dado y mo-

tivarme a alcanzar mis anhelos.

Finalmente, a mis dos hermanas, quienes han sido mis compañeras fieles y mi motivo para ser mejor cada día. Igualmente, a Paula quien ha sido mi guía, apoyo y me ha impulsado a seguir adelante desde que se encuentra en mi vida.

Bryan Rosales.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento eterno a la Universidad Internacional del Ecuador por la calidad humana, profesional y técnica brindada en mi proceso de aprendizaje. A la Facultad de Ingeniería Automotriz por toda la amplitud de aprendizajes que nos ha dejado a través de sus docentes, quienes con mucha paciencia y sabiduría impartieron sus conocimientos por último un agradecimiento cordial al Ing. Fabricio Corrales e Ing. Denny Guanuche por todo su apoyo en el desarrollo del presente trabajo y fundamentalmente por su predisposición y pasión para guiarnos hacia el éxito y culminación de la investigación.

Bryan Rosales.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Universidad internacional del Ecuador	i
CERTIFICACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN	iii
DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	xv
CAPÍTULO I	1
Introducción	1
1.1 Planteamiento, formulación y sistematización del problema	4
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo general	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Justificación	6
1.3.1 Justificación teórica	6
1.3.2 Justificación Metodológica	6
1.4 Delimitación	6
1.4.1 Delimitación Temporal	6
1.4.2 Delimitación Geográfica.....	7
1.4.3 Delimitación de Contenido	7
CAPÍTULO II	8

Fundamentación Teórica	8
2.1 Trabajo Con Alto Voltaje.	8
2.2 Resistencia Del Cuerpo Humano	9
2.3 Intensidad De Corriente Eléctrica	10
2.4 Lesiones por el Paso de Corriente	11
2.5 Equipo De Protección Personal.	13
2.6 Reglas De Seguridad.	16
2.7 La Batería Alto Voltaje.	17
2.7.1 ION – Litio	18
2.7.2 Níquel-cadmio	19
2.7.3 Níquel-MH	19
2.8 Nuevas tecnologías en tipos de baterías	21
2.8.1 Baterías de magnesio.	21
2.8.2 Baterías de kevlar.	21
2.9 Componentes de la batería HV.	22
2.9.1 Paquetes de batería para almacenar electricidad.	22
2.9.2 Enchufe de seguridad (Jumper) para aislar el alto voltaje del sistema HV. .	23
2.9.3 Relé principal para aislar la batería HV del resto del vehículo.	24
2.9.4 Sensor de corriente, sirve para medir la corriente de entrada y salida de la batería HV.	24
2.9.5 ECU (Unidad de Control Electrónico) de la batería, sirve para monitorear y regular los procesos de la batería HV	25

2.9.6	Sistemas adicionales.	25
2.10	Parámetros de las baterías HV	26
2.10.1	Tensión de la batería.	26
2.10.2	Corriente máxima.	27
2.10.3	Capacidad.	27
2.10.4	Eficiencia de carga o descarga.	27
2.10.5	Rendimiento.	27
2.10.6	Corriente de autodescarga.	28
2.10.7	Resistencia interna.	28
2.11	Causas de averías en las baterías HV	30
2.11.1	Pérdida de Capacidad	30
2.11.2	Aumento de resistencia interna	30
2.11.3	Almacenamiento.	31
2.12	Estimación del sistema de almacenamiento en prototipos de vehículos eléctricos	
	32	
2.12.1	Recuperación de energía de baterías	32
2.13	Vehículo Eléctrico Kia Soul	33
CAPITULO III		34
Estado de carga de la batería HV (SOC)		34
3.1	Medición de corriente.	34
3.1.1	Gráfico Ah/V	35
3.2	SOC por corriente	36

3.3	Estudio del proceso de carga y descarga de una batería.	38
3.4	Algoritmos de 3 etapas:	40
3.4.1	Carga rápida	40
3.4.2	Carga de Absorción	40
3.4.3	Modo de almacenamiento flote o mención de carga	40
3.5	Cargador de baterías híbridas HNiM	42
3.5.1	Necesidades	42
3.6	Cálculos de selección de elementos eléctricos	42
3.6.1	Voltaje pico de entrada, de salida y tensión inversa de pico.	43
3.6.2	Energía almacenada y potencia del condensador electrolítico.	44
3.6.3	Potencia del diodo de protección.	46
3.6.4	Intensidad de carga.	46
3.7	Descarga	48
3.7.1	Capacidad de intensidad.	48
3.7.2	Capacidad del voltímetro.	48
3.8	Selección de elementos eléctricos	49
3.8.1	Voltímetros analógicos.	50
3.8.2	Multímetros digitales	50
3.8.3	Amperímetro analógico.	50
3.8.4	Puente rectificador KBPC1506W.	51
3.8.5	Foco halógeno.	51

3.8.6	Condensador electrolítico 470 MICROFARADIOS Y 200 V.	52
3.8.7	Diodo P600M.	52
3.8.8	Ventiladores.	53
3.8.9	Interruptor conmutado.	53
3.8.10	Terminales de ojo y terminales hembra aisladas.	54
3.8.11	Conexión de los componentes eléctricos	54
3.9	Conexión De Los Amperímetros De Carga Y Descarga.	55
3.9.1	Conexión del circuito de carga.	55
3.10	Conexión circuito de descarga	55
3.11	Circuito eléctrico de carga y descarga.	56
3.12	Ensamblaje del cargador de baterías HV.	57
3.13	Balanceo De Las Celdas De La Batería HV.	59
3.13.1	Fase de balanceo.	60
3.13.2	Carga lenta.....	60
3.13.3	Ciclo de carga/balanceo de la batería.	60
3.14	Construcción del equipo balanceador.....	61
CAPITULO 4		67
4.1.-	Vehículo Kia Soul	67
4.2	Batería HV Kia Soul.	67
Averías en las baterías híbridas.		70
4.4	Equipo De Balanceo De Las Celdas.	

4.5Equipo De Carga Y Descarga De Las Baterías HV	
79	BIBLIOGRAFÍA
.....	82

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Resistencia de cuerpo humano	10
Ilustración 2 Riesgo eléctrico	12
Ilustración 3 Guantes de protección.	14
Ilustración 4 Guantes de protección.	15
Ilustración 5 Herramientas aisladas	16
Ilustración 6 Pack de baterías	17
Ilustración 7 Partes de la batería HV	22
Ilustración 8 Celdas de batería HV	23
Ilustración 9 Enchufe de seguridad	23
Ilustración 10 Ventilación de batería HV	26
Ilustración 11 : Flujo de datos de celdas de batería HV.	29
Ilustración 12 Estado de carga de las baterías	35
Ilustración 13 Relación voltaje – amperaje según la temperatura	37
Ilustración 14 Forma de carga de la batería	39
Ilustración 15 Tiempo de carga	41
Ilustración 16 Multímetro DC – 300v	50
Ilustración 17 : Multímetro AC	50

Ilustración 18 Amperímetro analógico de medición carga y descarga.	50
Ilustración 19 Puente rectificador	51
Ilustración 20. Foco alógeno de tungsteno	52
Ilustración 21 Condensador electrolítico	52
Ilustración 22 Ventilador	53
Ilustración 23 Interruptor conmutado	54
Ilustración 24 Terminales	54
Ilustración 25 circuito de carga.	55
Ilustración 26 circuito de descarga	56
Ilustración 27 lámparas incandescentes	57
Ilustración 28 instalación del circuito a retificar	58
Ilustración 29 voltímetro analógico CA	58
Ilustración 30 panel frontal equipo de carga	59
Ilustración 31 celda de bateri HV kia Soul	59
Ilustración 32 fuente regulada	61
Ilustración 33 circuito de seguridad de carga	62
Ilustración 34 PCB del circuito de carga	63
Ilustración 35 ubicación de componentes, circuito de carga	63
Ilustración 36 termo transferencia	64
Ilustración 37 Quemado con ácido férrico	64
Ilustración 38 Perforación de placa PCB	65
Ilustración 39 ensamblaje de los circuitos en estructura	66
Ilustración 40 Vehículo eléctrico Kia Soul Ev	67
Ilustración 41 : Estructura de la batería HV Kia Soul	68

Ilustración 42 Voltaje de un paquete de la batería Kia Soul	69
Ilustración 43 Voltaje individual paquete grande	69
Ilustración 44 Voltaje de una celda	70
Ilustración 45 Estructura de la batería HV Kia Soul	71
Ilustración 46 : Desconexión de líneas de alta tensión	72
Ilustración 47 Pernos de anclaje	73
Ilustración 48 Conectores sensor de temperatura y de corriente	73
Ilustración 49 Calefactores	73
Ilustración 50 Pernos de anclaje entre celdas	74
Ilustración 51 puntos de soldadura en la fusiblera	74
Ilustración 52 Celdas de polímero de iones de litio	75
Ilustración 53 Tomas de alimentación del equipo de balanceo	78
Ilustración 54 Capacidad de balanceo del equipo	78
Ilustración 55 Distributivo de mandos e indicadores	78
Ilustración 56 Equipo de carga y descarga	79
LISTA DE TABLAS Tabla 1. Detalle del equipo de protección personal.....	13
Tabla 2. Comparativo de baterías.....	20
Tabla 3. Especificaciones Kia Soul.....	33
Tabla 4. Conformación de la batería	68
Tabla 5. Estructura de celdas de la batería HV Kia Soul.....	68
Tabla 6. Valores de trabajo batería HV Kia Soul.....	71
Tabla 7. Tabulación de valores de voltaje de las celdas	75

Tabla 8. Tabulación de valores de voltaje de las celdas después de la reparación . 77

Análisis del proceso de recuperación de una batería de alta tensión, a través de la construcción de un banco de pruebas de HV

RESUMEN

Introducción: Los vehículos eléctricos en el sector de la movilidad presenta nuevos retos a los técnicos dedicados a la reparación de vehículos, la forma de funcionar de un vehículo eléctrico en el área motriz es diferente a los vehículos con motor de combustión interna, la parte fundamental en electro movilidad tiene que ver con baterías que almacenan la energía para abastecer a los motores eléctricos, punto seguido el elemento que más desgaste presenta en esta tecnología tiene que ver con la batería HV, desde este punto de vista se desarrolla dos equipos que nos permiten reparar los componentes más básicos de una batería HV, como son las celdas. **Metodología.** La metodología es experimental, se ha desarrollado varios circuitos para llegar a la construcción del equipo final, el resultado es la obtención de un equipo de carga y descarga de baterías HV y un equipo de balanceo de celdas individuales, para lo cual se usó una batería de polímeros de iones de litio del vehículo eléctrico Kia Soul, en el cual se encontró 3 celdas fuera de rango, usando el equipo de balanceo se logó reestablecer dichas celdas, además se probó ambos equipos en dicha batería. **Conclusión.** Se obtuvo dos equipos altamente eficientes, útiles para mantenimiento correctivo de baterías de iones de litio, se debe tener precaución al utilizar los equipos por lo cual se anexa manual de uso.

Palabras clave: baterías HV, iones de litio, vehículo eléctrico, electro movilidad.

ABSTRACT

Introduction: The electronic vehicles in the mobility sector show new goals to the technician dedicated to prepare vehicles, the way to work in a electronic vehicle is different to the vehicles of internal combustion engine, the main part in electro mobility has to be with batteries which store the energy to provide the electronic engines, also the element with mayor attrition are the cells in this technology is the battery HV.

Metogology: The metogology is experimental, many circuits were developed to get the contruction of the final equipment, the result is a charge and discharge equipment of bateries HV, and an equipment of swing of individual cells, for this reason a batery of polymers of iones of lithium was used this batery was used in the electronic vehicle kia Soul, where three cells were found out of range, using the equipment of swinging, these cells were fixed, also the two equipments were tested.

Conclusion: Tho equipment highly efficient were ready, these are usefull to a corrective maintenance of bateries of ion lithium, precaution is demanded to use this equipment, for this reason the user manual is attached.

Keywords: Batery HV, iones of lithium, electronic vehicle, electro movility

CAPÍTULO I

Introducción

La pasión por el automovilismo, el desarrollo que genera esta industria automotriz y la tecnología que abarca, hacen que este amplio campo de estudio de avance tecnológico se impulsa con fuerza en el tema ambiental y sea una de las industrias más relevantes a nivel mundial. En este tiempo, el ser humano explora energía limpia y eficiente, ya que es uno de los problemas globales por el alto grado de contaminación que emanan al medio ambiente los vehículos de combustión interna e incluso el cuidado del medio ambiente es necesario para garantizar la calidad de vida de nuevas generaciones en el futuro.

Está íntimamente ligado el consumo de energía al bienestar de la población mundial, es decir a un aumento de las condiciones de vida, se tendrá un aumento del consumo de energía, las fuentes de donde provienen se han diversificado en cuanto al porcentaje que representan, eólica, termo eléctrica proveniente del consumo de gas o carbón, energía atómica, geotérmicas, hidroeléctricas, o la mayormente usada proveniente de petróleo.

(Objetivo desarrollo sostenible, Agenda 2030)

La pandemia del covid-19 puso un freno a la economía mundial, pues la cuarentena a la cual se sometió la población mundial devino en una reducción de la movilidad en general y en la disminución del consumo, lo que produjo un bajón en la demanda energética mundial. Al conseguir la producción de vacunas y avanzar en el conocimiento y tratamiento de la pandemia, se ha notado una leve mejoría en el consumo de bienes y servicios lo que también ha aumentado la demanda de energía, pero a un ritmo mucho menor a los que se traía antes de la pandemia (Gascueña, 2020).

A partir de la inserción de nuevas tecnologías en el campo automotriz, se empezó a insertar en todo el mundo vehículos completamente eléctricos e híbridos y de ahí nace la necesidad de generar nuevos equipos de diagnóstico para el mantenimiento preventivo y correctivo de las fuentes de alimentación en esta investigación se centrará en las baterías de alta tensión. Según el manual del fabricante Toyota en el año 2021 cita que el auto eléctrico en la actualidad se incorpora como una gran solución de movilidad, puesto que solo utiliza energía eléctrica para cargar las baterías HV (High Voltage) que están instaladas en el vehículo, y esta energía permitirá mover el sistema del tren de potencia. Así es como se enfoca al analizar cómo se cargan y descargan las baterías HV y cómo se balancean las baterías HV. Por esta razón, es importante considerar medidas de seguridad al momento de realizar dicho mantenimiento preventivo y correctivo.

En este orden de ideas entra en juego el cambio en la movilidad con el uso de vehículos eléctricos cada vez más eficientes y con cero emisiones de gases (Torres, 2015). Se debe tener en claro los siguientes conceptos: La movilidad Sostenible: se refiere encontrar alternativas que permita minimizar los efectos causados por problemas medioambientales asociados por el uso del vehículo como medio de movilización, ya que la mayoría de estos utilizan combustibles fósiles (Díaz, 2020).

Según el boletín de prensa emitido el 27 de octubre del 2021, el gobierno expide las nuevas políticas para el desarrollo del sector eléctrico, mediante Decreto Ejecutivo Nro. 238, suscrito este 26 de octubre de 2021, el presidente de la República, Guillermo Lasso Mendoza, expide las políticas del sector eléctrico del Ecuador, con el objetivo de consolidar un sector eficiente, competitivo, sostenible, ambientalmente responsable, basado en la innovación, que garantice la seguridad jurídica y potencie la inversión privada. El documento está compuesto por cinco artículos, 20 literales, dos

disposiciones transitorias y una disposición final, que se articula en tres pilares fundamentales: marco jurídico, normativo y reformas legales; transparencia y captación de inversiones.

Asimismo, también se emitió el Decreto Ejecutivo 239 que establece la reforma al Reglamento General de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica que busca impulsar la participación del sector privado en la prestación del servicio público de energía eléctrica.

Durante un acto en Cuenca, el ministro de Energía y Recursos Naturales No Renovables, Juan Carlos Bermeo Calderón, destacó la emisión de las nuevas políticas del sector eléctrico y la reforma al reglamento que constituyen un lineamiento claro para regular las actividades eléctricas del país con visión al futuro. “Ambos decretos tienen trascendencia enorme para el país. No se consigue un desarrollo energético sin inversión y sin mejoramiento tecnológico”, aseguró la autoridad.

Agregó que “mediante la implementación de estos dos decretos se garantizará el incremento de la capacidad instalada de generación eléctrica para satisfacer la demanda prevista en el Plan Maestro de Electricidad, así como el óptimo desarrollo del servicio público de energía eléctrica, alumbrado público, carga de vehículos eléctricos y almacenamiento de energía”.

Acorde a las disposiciones establecidas por el Primer Mandatario, en un plazo de tres meses, el Ministerio de Energía deberá cumplir varias acciones encaminadas a la formulación y propuestas de políticas públicas, reformas normativas, modelo de desarrollo del sector eléctrico, esquemas eficientes para la participación privada en los proyectos del sector, entre otros.

Por regulaciones de los estados como la Unión Europea y hasta de los mismos fabricantes tradicionales de vehículos como General Motors, Ford, Toyota, Kia, entre

otros que han dado fechas para el fin de la fabricación de vehículos de combustión interna y se ha destinado una fuerte cantidad de recursos a la investigación y desarrollo de los vehículos eléctricos (Rojas et al. 2020)

El sistema de tracción eléctrico del vehículo cuenta con un controlador quien es quien regula la potencia entregada al(los) motor(es) a través del acelerador. Como cualquier sistema de transporte los vehículos eléctricos también necesitan de una infraestructura para poder recargar sus baterías, que es de dominio público o privado (Torres, 2015)

Junto con esos estudios, otra razón que impulsó el inicio de la investigación de vehículos eléctricos ha sido el hecho de que cada vez quedan menos reservas de petróleo, lo que aumenta su precio considerablemente (Chowdhury et al., 2018)

Por lo tanto, la presente investigación documental tiene por objeto mostrar la factibilidad del mantenimiento preventivo de los vehículos eléctricos de la versión denominada Kia Soul Eco a través de equipos de diagnosis, bancos de carga y descarga de baterías HV y de balanceadores de células.

1.1 Planteamiento, formulación y sistematización del problema

En el desarrollo de la industria automotriz, desde el siglo pasado se impulsa con fuerza en el tema ambiental, a tal punto que dada las restricciones de muchos países, algunos fabricantes llegaron al punto de engañar a los entes de control a través de la reprogramación de la ECU (Unidad de Control Electrónico) a bordo y de esta manera poder tener autos con buen desempeño y menor grado de contaminación; por tal razón la industria automotriz revoluciona con la inserción de nuevas tecnologías como son vehículos eléctricos e híbridos.

A partir de este punto se empezó a pensar en tener un vehículo completamente eléctrico e híbrido y de ahí nace la necesidad de nuevos equipos de diagnóstico para el

mantenimiento preventivo y correctivo. Según el manual del fabricante Toyota en el año 2021 cita que el auto eléctrico en la actualidad se incorpora como una gran solución de movilidad, puesto que solo utiliza energía eléctrica para cargar las baterías HV (High Voltage) que están instaladas en el vehículo, y esta energía permitirá mover el sistema del tren de potencia. Así es como se enfoca al analizar cómo se cargan y descargan las baterías HV y cómo se balancean las baterías HV. Por esta razón, es importante considerar medidas de seguridad al momento de realizar dicho mantenimiento preventivo y correctivo.

La idea del diseño y construcción de los bancos de prueba para baterías de alta tensión está enfocada a aumentar la vida útil de las células, ya que la adquisición de este tipo de componentes que ingresan al país, por motivos de impuestos llegan a ser más costosas, por lo cual se busca minimizar la sustitución de este tipo de componentes eléctricos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Analizar el proceso de recuperación de una batería, a través de un banco de pruebas para el diagnóstico del estado de las baterías de alta tensión.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar los diferentes componentes que está constituido una batería de alta tensión y permitan un mantenimiento o una recuperación de esta.
- Comprender los diferentes conceptos que adopta una batería al momento de pasar a descarga, carga y balanceo para recuperación de las baterías HV.

- Construir un banco de recuperación de baterías de HV.
- Tabular datos obtenidos y generación de nuevos conocimientos en nuevas tecnologías.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

La justificación de este proyecto se centra en la construcción de un banco de pruebas de baterías para el mantenimiento, recuperación y diagnóstico de baterías HV (ALTO VOLTAJE). Tener en cuenta los parámetros reunidos en la investigación se llevará a cabo una concisa forma de reutilización junto con bases indispensables del uso correcto y la prevención en general, para el tratamiento de las baterías de tipo polimérica de litio ióno (Potencia: 27 kWh – 90 kWh), del vehículo Kia Soul Eléctrico.

1.3.2 Justificación Metodológica

Se empleará el método experimental debido a las diferentes pruebas que se realizaran en la recuperación de las baterías de HV, de la siguiente manera:

- Iniciar con la determinación de componentes para banco de recuperación
- Seleccionar el óptimo diseño del banco de recuperación y balanceo en base a la prueba error.
- Construir el banco recuperador de baterías HV.
- Verificar el estado de las baterías de HV.
- Tabular datos obtenidos y generación de un manual de usuario.

1.4 Delimitación

1.4.1 Delimitación Temporal

El desarrollo del presente documento contemplara un tiempo de 5 meses distribuido en la siguiente forma:

- 4 semanas para la revisión bibliográfica

- 4 semanas para ponderar un equipo electrónico de recuperación de baterías de HV adecuado que permita dar mantenimiento preventivo y correctivo.
- 12 semanas para plantear un diseño del equipo electrónico adecuado que permita dar mantenimiento a las baterías de HV.

1.4.2 Delimitación Geográfica

El desarrollo del análisis del mecanismo se realizará en el Distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha, Ecuador, a una altitud de 2 850 metros sobre el nivel del mar.

El análisis del banco recuperador de baterías de alto voltaje tiene como finalidad darles a las baterías de HV un mantenimiento preventivo eficaz y mediante el balanceo alargar la vida útil del componente eléctrico.

1.4.3 Delimitación de Contenido

La investigación estaría enfocada en las áreas de electromovilidad del sector automotriz, mediante procesos innovadores.

CAPÍTULO II

Fundamentación Teórica

2.1 Trabajo Con Alto Voltaje.

Hay un símbolo al que se debe prestar especial atención, ya que se trata de un voltaje potencialmente mortal, HV (High Voltage).

Al entrar en contacto directo con este tipo de voltaje lo primero a lo que se expone la persona es a conseguir quemaduras graves y finalmente la muerte. Lo primero que se debe hacer antes de trabajar es aplicar normas de seguridad y tener conciencia de los peligros a través de la comprensión de los conceptos y parámetros de riesgo.

La duración y la intensidad de la corriente a través del cuerpo humano son los mayores peligros, si el voltaje que fluye por el cuerpo aumenta, fácilmente la intensidad de corriente puede circular y causar daños irreversibles. El voltaje seguro para corriente continua es 60v, pasado este voltaje es inminentemente peligroso.

El contacto eléctrico puede ser mortal, puede causar quemaduras graves e incluso llevar a la muerte, por eso es importante establecer un parámetro de seguridad para evitar accidentes relacionados con el trabajo en baterías de alta tensión.

Hay dos áreas a tomar en cuenta, la primera que es la batería, de cualquier capacidad, tiene los siguientes parámetros a ser tomados en cuenta, la intensidad de corriente que es la cantidad de electrones que puede entregar y el voltaje que es la fuerza con la que los electrones son entregados, luego la segunda área a ser tomada en cuenta es el factor externo, que es la resistencia del cuerpo y finalmente la ruta de la corriente a través del cuerpo.

Sobre este tópico se debe entender que hay dos riesgos y sus causas que a continuación se menciona:

a) **Electrización:** la corriente eléctrica circula por su cuerpo, es decir, en el momento que forma parte del circuito eléctrico, puede, al menos, distinguir dos puntos de contacto: uno de entrada y otro de salida de la corriente.

b) **Electrocución:** En el momento que exista paso de corriente produce la muerte.

(Barreno E. 2021)

Estos eventos ocurren, si se toca directamente un borne positivo y simultáneamente el negativo de la batería HV o si se toca directamente un cable o borne conductor positivo y el cuerpo no está aislado de tierra.

2.2 Resistencia Del Cuerpo Humano

El cuerpo humano tiene la capacidad de conducir corriente eléctrica ya que tiene resistencia y su importancia en el resultado del accidente depende de diversas circunstancias:

- El grado de humedad de la piel, una piel húmeda puede ofrecer hasta un 40% menos de resistencia al paso de corriente que una piel seca.
- La superficie de contacto ofrecida.
- La presión del contacto.
- La dureza de la epidermis.

Además de estos factores, la resistencia que ofrece el cuerpo suele estar constituida por otros elementos de resistencia en serie, como son la resistencia que puedan ofrecer las partes aislantes de los equipos de protección y de trabajo (guantes, calzado, herramientas, alfombras, etc.).

La utilización de equipos y herramientas aislantes tiene por finalidad aumentar la resistencia de paso, de forma que la corriente que atraviese nuestro cuerpo sea lo más pequeña posible, inapreciable y en todo caso no peligrosa.

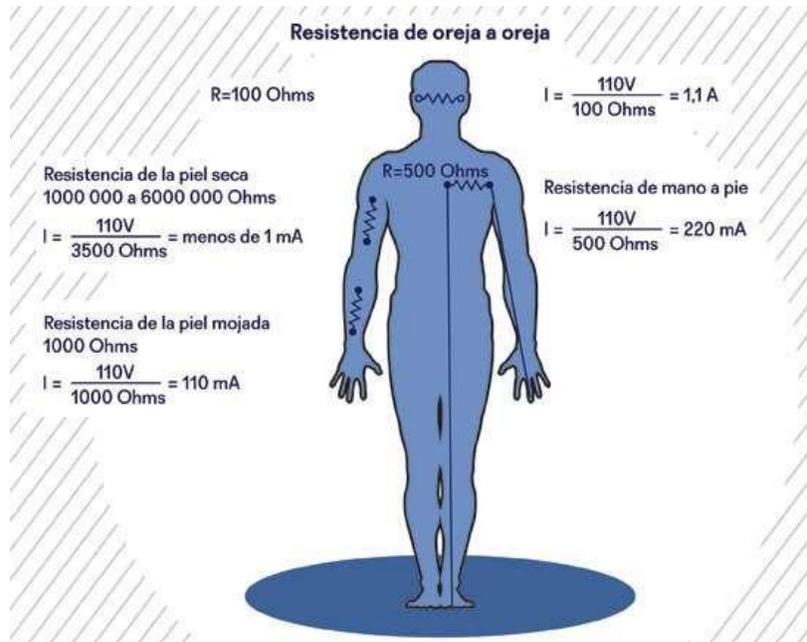


Ilustración 1 Resistencia de cuerpo humano

Resistencia de cuerpo humano 0:1

Fuente: Revista Energy Management Magazine, 2022

2.3 Intensidad De Corriente Eléctrica

Es uno de los factores que más inciden en los efectos y lesiones ocasionados por el accidente eléctrico:

- Umbral de percepción: valor mínimo que provoca una sensación en una persona (0,5mA-cosquilleo).
- Umbral de no soltar: corriente máxima para que una persona pueda soltarse (0,5 mA hasta 50 mA en un tiempo 130 ms – tetanización en sus músculos).
- Umbral de fibrilación ventricular: 50 mA en un tiempo de 900ms.

El cuerpo humano tiene una resistencia que depende de varios factores, por ejemplo, la resistencia de un brazo es casi 500 ohm, la resistencia de una pierna es casi 900 ohm, la resistencia del tórax es aproximadamente 100 ohm.

La resistencia entre las dos manos es cerca de 1000 ohm, la resistencia entre una mano y un pie es de 1100 ohm, la resistencia entre una mano y los dos pies es de 850, finalmente la resistencia entre las dos manos y los dos pies es de 600 ohm.

Se sabe que la HV tiene un voltaje de 400 v. y la resistencia entre las dos manos es de 1100 Ω , si se aplica la ley de ohm se tiene una corriente de 0.4 A, que atraviesa desde la una mano hacia la otra. Con este tipo de descarga el técnico que no tomo las precauciones del caso automáticamente empezará con dificultad para respirar y se le producirá calambres musculares, en este punto es imposible soltarse del circuito.

2.4 Lesiones por el Paso de Corriente

La falta de precaución puede provocar que la corriente eléctrica circule por el cuerpo y producir, lesiones físicas como golpes o caídas, puede producir la muerte por fibrilación ventricular o por asfixia, trastornos musculares que derivan en diversas quemaduras.

La tiranización es el movimiento involuntario de los músculos efecto del paso de la corriente, aquí los músculos se pueden contraer.

La asfixia ocurre en el momento que la corriente afecta el sistema nervioso que controla el sistema respiratorio y causa lo que se conoce como paro respiratorio.

La fibrilación ventricular ocurre en caso de que la corriente provoca que el corazón funcione de manera incorrecta y deja de enviar sangre a los distintos órganos y aunque está en movimiento no sigue el ritmo normal de funcionamiento, una vez la corriente deja de circular el corazón no recupera el ritmo automáticamente, de no existir asistencia inmediata se produce la muerte.

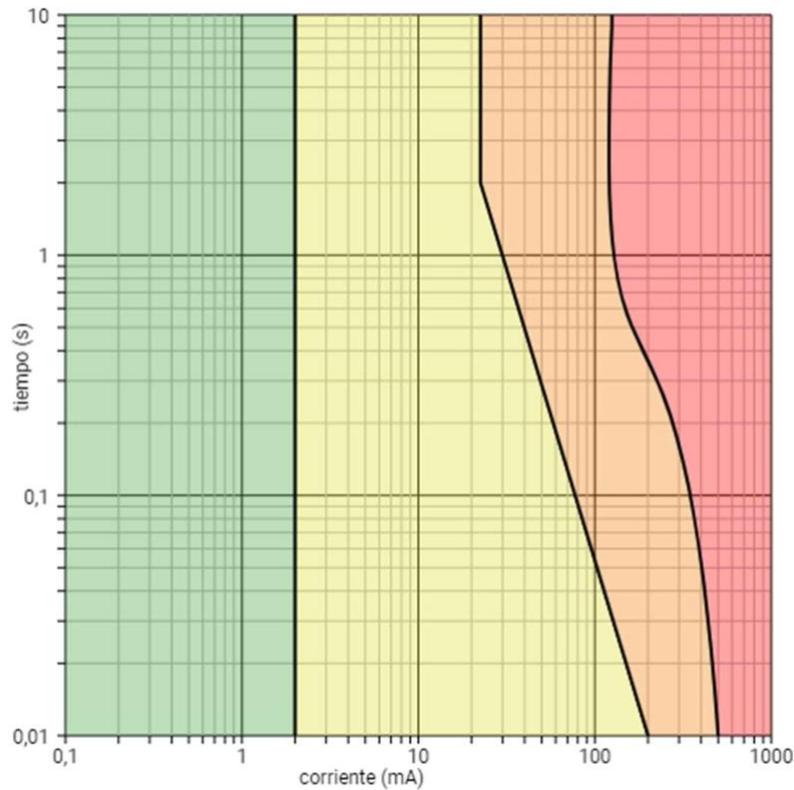


Ilustración 2 Riesgo eléctrico

Fuente: Plataforma Electude

- La zona verde representa tiempo y corriente que es imperceptible para el cuerpo humano.
- La zona naranja es una zona donde se producen calambres musculares, 30 my durante un segundo es el umbral antes de pasar a la tercera zona que es crítica.
- La zona tomate es crítica por que produce calambres donde los músculos se contraen y se vuela imposible soltarse de la fuente que entrega la corriente, aquí se produce dificultad para respirar.
- La zona final que es la roja produce quemaduras en la piel y en los órganos internos, paro respiratorio y paro cardiaco que desembocan en la muerte. El mayor peligro se presenta en la ocasión en que el cuerpo de la persona se prolonga en contacto con la fuente, el factor crítico es en el momento que la

intensidad de corriente es alta, si estos factores se conjugan lo más probable es la muerte.

Se debe tomar en cuenta que el factor eléctrico más peligroso es la intensidad de corriente, ahora porque es peligro un alto voltaje, porque con más voltaje es más fácil que fluya una mayor intensidad de corriente, tomar en cuenta que se trabaja con baterías que tienen un voltaje mayor a 400 v, el límite de detección del cuerpo humano para voltaje CC es 2 mA, por encima de 500 mA se tiene un riesgo potencialmente mortal.

2.5 Equipo De Protección Personal.

Los vehículos eléctricos o híbridos tienen, que entre otros componentes un motor eléctrico y una batería de alta tensión, de manera que existen nuevos riesgos (riesgos eléctricos, químicos y de incendio o explosión). El trabajo con vehículos eléctricos demanda de equipos de protección personal debido a los altos amperajes y voltajes con los que se trabaja, estos equipos deben tener ciertas normas que se deben cumplir, a continuación, esta una tabla con los equipos necesarios:

Tabla 1.

Detalle del equipo de protección personal

Equipo
Guantes y protectores de goma.
Casco protector y aislante
Chaqueta aislante y protectora.
Pantalón aislante y protector.
Botas aislantes y protectoras.
Gafas protectoras.
Mantas antiestáticas.

Fuente: Autores.

Nota: lista de equipo de protección para evitar descarga eléctrica.

Se debe usar guantes de alto voltaje bajo la norma ASTM D120, los guantes aportan a cada mano una resistencia de 400kΩ en promedio.

Los guantes de protección se clasifican de la siguiente manera:

Clase 00: Son aquellos que ofrecen protección a una tensión máxima de 500 voltios.

Clase 0: Lo máximo que puede soportar son 1.000 voltios.

Clase 1: Lo máximo que puede soportar son 7.500 voltios.

Clase 2: Lo máximo que puede soportar son 17.000 voltios.

Clase 3: Lo máximo que puede soportar son 26.500 voltios.

Clase 4: Lo máximo que puede soportar son 36.000 voltios.



Ilustración 3 Guantes de protección.

Fuente: Revista centro Zaragoza, 2022

La bota es un componente importante en el conjunto de seguridad, una de las vías de evacuación de la electricidad es por los pies, aquí radica la importancia de aislar los pies, el compuesto dieléctrico resistente a altos voltajes de acuerdo con las normas EN50321, ASTM F2413-05, ASTM F1117-93 y CSA Z195-02.

Las botas aislantes que ofrecen mayor protección contra las descargas eléctricas pueden resistir voltajes de hasta 35 kv en la suela y 20 kv en la bota completa, tienen una punta de acero con una capacidad de 200 julios y cumplen con las normas de calzado de seguridad EN345 y EN ISO20345. Todas las botas dieléctricas se someten a pruebas de acuerdo con la norma EN50321 antes de salir de fábrica. (Camelec, 2021).



Ilustración 4 Guantes de protección.

Fuente: Amazon, 2021

Las herramientas manuales deben ser aisladas, este tipo de aislamiento se define bajo la norma IEC 60900 o ASTM 1505. Las herramientas manuales aisladas y aislantes se utilizan para los trabajos bajo tensión o en las proximidades de elementos activos bajo tensión, de tensión nominal hasta 1.000 V de corriente alterna y 1.500 V de corriente continua.

Las herramientas manuales fabricadas total o casi totalmente con material aislante, salvo las inserciones de materiales conductores que sirven para reforzar, pero sin que ninguna parte conductora sea accesible. Protegen al técnico de las descargas eléctricas, y reducen al mínimo los riesgos de cortocircuito entre dos piezas con distinto potencial.



Ilustración 5 Herramientas aisladas

Fuente: Derancourt. 2022

Los instrumentos de medición deben cumplir la norma NFPA 70E y deben ser de clasificación industrial CATIII-1000v, Según la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), los fabricantes de multímetros deben seguir los lineamientos para pruebas de seguridad en todos sus productos para asegurarse de que cada dispositivo cumpla con o supere la clasificación requerida. Estas medidas se implementan para proteger al usuario de descargas eléctricas no intencionales, que podrían provocar la muerte.

2.6 Reglas De Seguridad.

- a) Nunca trabajes solo, debe haber otras personas en el laboratorio para que te presten ayuda en caso de accidente.
- b) Asegurarse que la batería esté en condiciones de operación, visualizar los peligros potenciales, antes de desarmar.
- c) No trabajar en una mesa atestada de objetos, un amontonamiento desordenado de desarmadores, componentes y herramientas en la mesa de trabajo sólo conduce a actuar descuidadamente y a ocasionar cortocircuitos, choques y accidentes. Para evitar esto, hay que desarrollar hábitos para actuar de manera sistemática y organizada en el trabajo.

- d) No trabajar sobre pisos mojados. La resistencia de contacto a tierra en estas condiciones se reduce considerablemente. Trabajar sobre una cubierta de hule o plataforma aislada, si las tensiones son altas.
- e) Nunca manejar instrumentos eléctricos en el momento en el que la piel esté húmeda. La humedad decrece la resistencia de la piel y permite que fluya una cantidad mayor de corriente a través del cuerpo.
- f) Trabajar con una mano. En la ocasión en la que la corriente eléctrica circula entre las dos manos cruza el corazón y puede ser más letal que una corriente eléctrica que vaya de la mano al pie.
- g) No hablar con nadie mientras se trabaja. No debe haber ninguna distracción.

2.7 La Batería Alto Voltaje.

En los vehículos eléctricos, la batería es el dispositivo encargado de almacenar la energía que posteriormente alimentará el motor eléctrico (Sánchez, 2021).

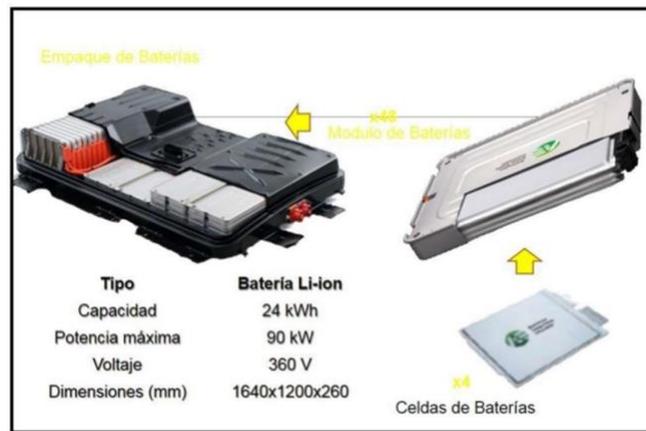


Ilustración 6 Pack de baterías

Fuente: Castro (2021)

La batería a su vez es el principal obstáculo para la comercialización masiva de los vehículos eléctricos, ya que se requiere que la misma sea liviana al mismo tiempo que los tiempos de recarga y la autonomía sean competitivos respecto a los vehículos con motor de combustión interna (Cepeda, 2022)

Un vehículo híbrido o eléctrico tiene dos baterías, la batería de 12 voltios para los sistemas eléctricos auxiliares y la batería HV para proporcionar electricidad a los componentes de alto voltaje. La batería se encuentra ubicada en el piso del vehículo y forman

parte estructural del chasis dándole un centro de gravedad muy bajo. Su capacidad determina en KWh determina la autonomía del vehículo. Las capacidades estándar de las baterías suelen ser de 40KWh a 100 KWh.

Las baterías de HV del vehículo eléctrico están ensambladas en estructuras de aleación de aluminio para darle firmeza y protección. Las celdas vienen instaladas por modulo o bloques en algunos casos estos bloques también llamados packs se pueden reemplazar sin ser necesario el cambio de toda la batería.

2.7.1 ION – Litio

Las baterías de ion de litio representan la mejor opción, para alimentar los sistemas eléctricos y electrónicos de los sistemas. Es la tecnología que ha permitido el desarrollo de los vehículos eléctricos, así como también en el campo de almacenamiento de energía renovable. Esto se debe a que poseen una mayor densidad de energía y densidad de potencia que otro tipo de baterías Cueva et al. (2018). Estas baterías brindan una mejor vida útil y no requieren de mantenimiento, además tienen la posibilidad de ser recicladas. Son las baterías más usadas debido a su peso ligero, lenta descarga y tiempo de carga rápido, razón por la cual es una de las mejores opciones tecnológicas que existen. Las baterías de Li-ion es el tercer tipo más comercializado para aplicaciones de EV. Dado que el Litio es el metal con el mayor potencial negativo y el menor peso atómico, las baterías que usan Litio tienen el mayor potencial para alcanzar el avance tecnológico que proporcionará a los EV las mayores características de rendimiento en cuanto a aceleración y autonomía (Triana, 2017). Un aspecto negativo del metal litio,

es que es altamente reactivo al aire y con la mayoría de los electrolitos líquidos. Estas baterías tienen una tensión de circuito abierto a carga completa de 4.1V aproximadamente.

2.7.2 Níquel-cadmio

Su principal ventaja es la durabilidad. Además, se pueden descargar por completo sin sufrir daño alguno y se pueden reciclar. Sin embargo, su uso en el sector transporte no resulta rentable (Sánchez, 2021). Esto debido a que su densidad de energía es baja, aproximadamente 50Wh/Kg (Peña, 2016). Este tipo de batería surgió como una modificación del acumulador ideado por Edison en 1904, que se compone de níquel-hierro. Estas baterías se componen de una caja contenedora metálica con ventilación forzada por aire y un conjunto de celdas independientes de plástico o acero, que forman los acumuladores individuales. Admiten sobrecargas y permiten ser cargadas puesto que ya no admiten más carga. En el momento en el que están cercanas a finalizar su carga, sufre un aumento súbito de voltaje denominado “delta peak”, el cual es usado por los cargadores para determinar la finalización de carga.

2.7.3 Níquel-MH

Estas baterías son de uso muy común en vehículos híbridos y vehículos puramente eléctricos por sus múltiples ventajas: su densidad energética, aunque no tan elevada como la de las baterías ion-litio, tiene un valor aceptable; el número de ciclos de carga y descarga que puede soportar es elevado, siempre que la tasa de descarga de la batería no sea muy alta; puede operar en un rango de temperatura bastante amplio y es inofensiva para el medio ambiente, además de reciclable (Sánchez, 2021). Este tipo de baterías son muy usadas en electrónica portátil, almacenamiento de energía, en vehículos híbridos, eléctricos, y en transporte en general. Es considerada sucesora del mayor dominador del mercado a lo largo del tiempo, el Níquel-Cadmio. El sistema de

baterías de Ni-Cd tuvo un comienzo modesto, pero con los significativos avances de las últimas cuatro décadas, desde 1950 la capacidad específica de las baterías ha mejorado enormemente. Un fuerte crecimiento en el consumo de la batería recargable acaecido en el mercado debido al gran aumento de la demanda de ordenadores portátiles, móviles y videocámaras empujó al desarrollo de los requerimientos de rendimiento de la batería, particularmente la duración de servicio, aún más. Este factor junto con la concienciación medioambiental, han acelerado el desarrollo del sistema alternativo NiMH (Triana, 2017).

A continuación, se cita un cuadro comparativo de los tipos de baterías usados en la actualidad:

Tabla 2.

Comparativo de baterías

	ÁCIDO PLOMO	NIQUEL CADMIO	HIDRURO LICO DE NIQUEL	METÁ- LITIO IÓN
Energía específica (Wh/kg)	20 – 35	40 - 55	66	90
Densidad energética (Wh/L)	54 – 95	70 – 90	150	153
Potencia específica (W/kg)	250	125	200	300
Voltaje de celda (V)	2	1,2	1,2	3,5
Temperatura de operación	Ambiente	40 – 80	Ambiente	Ambiente
Auto - descarga (% / día)	2	0,5	5	0,3
Número de ciclos de Vida	800	1200	1000	>1000
Tiempo de recarga (h)	8	1	1	2 - 3

Fuente: Castro, 2021

Nota: comparación técnica de los diferentes tipos de baterías y sus capacidades.

Para entender mejor el tema de las capacidades de la batería se debe tener en cuenta lo siguiente, la capacidad de una batería se evalúa en energía (típicamente en kWh). Sin embargo, desde el punto de vista eléctrico, lo que importa no son los kWh sino más bien los Amperios hora (Ah), dado que al multiplicar estos Ah por la tensión nominal de la batería (conjunto de celdas iguales, en “batería”), somos capaces de obtener la energía nominal que es capaz de almacenar. Esta capacidad es el factor más relevante para determinar la autonomía de un vehículo eléctrico, puesto que el consumo depende principalmente del estilo de conducción del usuario y en menor medida de los consumos de los motores y resistencias internas del vehículo. Un efecto importante a tener en cuenta es el denominado “depósito menguante”, denominación que tiene su origen en la disminución de capacidad que sufren las baterías de Ion-Li debido a su uso. (Castro T, 2021)

2.8 Nuevas tecnologías en tipos de baterías

2.8.1 Baterías de magnesio.

Pastor (2016), menciona que se estudia como alternativa a las baterías de litio ya que su mayor ventaja es el uso de materiales sólidos, sin necesidad de compuestos líquidos o inflamables. Aunque la manipulación del magnesio es algo más compleja que la del litio, se trata de un componente abundante que no genera riesgos de explosión y que tiene dos cargas positivas frente a una única carga positiva del litio, lo que permite almacenar caso el doble de energía en el mismo volumen. El principal obstáculo reside en el electrolito, es decir, el material que transporta la carga entre el ánodo y el cátodo.

2.8.2 Baterías de kevlar.

Este proyecto se basa en el desarrollo de membranas a partir de kevlar de un tamaño nanométrico que se encargarían de aislar los electrodos y obligarían a los iones de litio a seguir un circuito adecuado y más eficiente (Morente, 2016). El kevlar es un

buen aislante, lo que es una propiedad fundamental para las piezas de separación de los electrodos y evita cortocircuitos entre ellos. Además de mejorar la seguridad, debido al pequeño grosor de las capas aislantes puede reducirse drásticamente el tamaño o, lo que es lo mismo, almacenar mucha más energía en el mismo volumen.

2.9 Componentes de la batería HV.

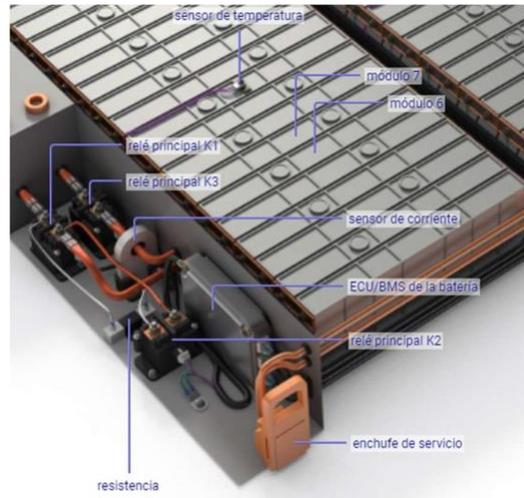


Ilustración 7 Partes de la batería HV

Fuente: Plataforma Electude

2.9.1 Paquetes de batería para almacenar electricidad.

Según Sánchez (2021), La batería se agrupa en 3 niveles: celda, modulo y pack.

- Celda: es la unidad más básica y elemental de la batería, dentro de la misma tienen lugar una serie de reacciones químicas que convierten la energía química en energía eléctrica. Cada celda está compuesta por un ánodo, un cátodo y un electrolito.

Tensión de una célula = 3.7 v, capacidad de una célula 34 amperios – hora

- Modulo: es una estructura que contiene un determinado número de celdas, conectadas en serie y/o paralelo, que se insertan en ella con la finalidad de protegerlas contra agentes externos.

- Pack: es el artefacto final que se designa como batería, es la combinación de varios módulos. Este paquete contiene, además, sistemas de protección, de control y de refrigeración.

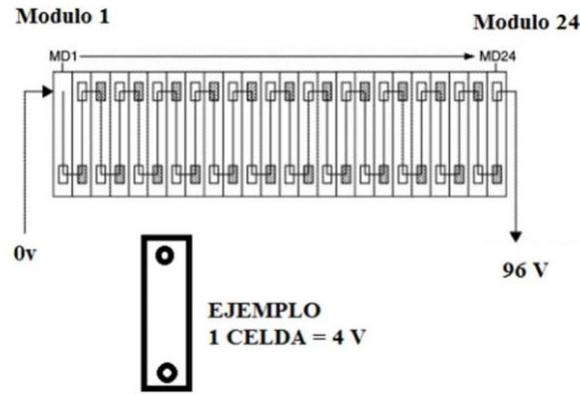


Ilustración 8 Celdas de batería HV

Fuente: Ingecap

2.9.2 Enchufe de seguridad (Jumper) para aislar el alto voltaje del sistema HV.

El enchufe de servicio se utiliza durante las reparaciones y en situaciones de emergencia para aislar el alto voltaje del vehículo. El enchufe de servicio suele ser de color naranja por lo que es fácil de reconocer, se ha delimitado como normal color naranja para las líneas de alta tensión con esto los técnicos pueden diferenciar de una forma clara las líneas de alta tensión y las líneas de baja tensión. Debido a que la corriente solo puede fluir en el caso que exista circuito cerrado el enchufe de servicios se puede colocar en cualquier lugar entre dos módulos.

Normalmente el enchufe de servicio se usa durante las reparaciones y situaciones de emergencia, la función principal es aislar el alto voltaje.

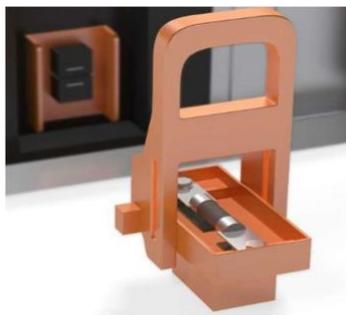


Ilustración 9 Enchufe de seguridad

Fuente: Plataforma Electude

2.9.3 Relé principal para aislar la batería HV del resto del vehículo.

Dos Relés principales separan la batería HV del resto del vehículo mediante el aislamiento del polo positivo y negativo, se limita al conectar una resistencia en serie los condensadores en el inversor causa una corriente de carga alta y corta en caso de que se enciende la resistencia en serie limita la corriente, hay algunas condiciones necesarias para apagar el relé principal en los vehículos híbridos o eléctricos:

1.- En el momento en el que el encendido está apagado ambos polos de la batería HV deben estar aislados. El relé debe estar abierto porque no hay tensión de conmutación. 2.- En situaciones de emergencia todos los contactos deben abrirse.

2.9.4 Sensor de corriente, sirve para medir la corriente de entrada y salida de la batería HV.

Un sensor de corriente se conecta la ECU de la batería, mide las corrientes de entrada y de salida de la batería HV, es importante determinar la corriente exacta para calcular la cantidad de energía de la batería HV, la cantidad de energía de la batería HV se denomina estado de carga, debido a que la batería HV suministra un voltaje de corriente continua, la corriente se mide mediante un sensor de efecto Hall.

Hay que tomar en cuenta que la corriente entra a la batería HV por 2 estados de trabajo, en la ocasión en la que el vehículo frena de forma regenerativa y en el momento

en el que el vehículo se carga externamente por medio de una estación de carga. La señal del sensor de efecto Hall es de 0.5 V a 2.5 voltios para una información de carga del vehículo y el voltaje de señal para una condición de descarga del vehículo es de 2.5 voltios hasta 4.5 voltios.

2.9.5 ECU (Unidad de Control Electrónico) de la batería, sirve para monitorear y regular los procesos de la batería HV

La ECU de la batería recoge información para que la calidad de la batería HV esté siempre en su nivel óptimo

La ECU de la batería mide:

- Temperatura de la batería HV.
- Temperatura de aire de refrigeración.
- Corrientes de entrada y salida de la batería.
- Voltajes por módulo.

Las decisiones que toma la ECU de la batería son:

- Mantiene las celdas en equilibrio.
- Controla el ventilador.
- Calcula el estado de carga.
- Limita o evita la descarga y carga en caso de fallo.

2.9.6 Sistemas adicionales.

Accesorios de 12V, este tipo de vehículos cuenta con todo un sistema de accesorios los cuales trabajan a niveles de tensión convencionales es decir 12V, dentro de este grupo de elementos se pueden encontrar componentes como luces, módulos de control, aire acondicionado y demás componentes que usualmente trabajan a ese nivel de voltaje.

El sistema de baja tensión no tiene ninguna relación directa con el sistema HV, es decir no comparten el negativo, o sea que no es peligroso que algún cable de alto voltaje toque chasis, aunque esa función esta diagnosticada por el módulo del sistema Eléctrico

HV.

Tiene también un sistema de refrigeración para la batería HV, si la temperatura es demasiado alta la batería HV puede fácilmente perder capacidad y dañarse permanentemente por lo tanto es necesario tener un buen sistema de refrigeración de la batería, el aire se aspira desde el habitáculo y se sopla entre los módulos a continuación el aire se canaliza hacia el exterior. En el vehículo la temperatura suele ser óptima para refrigerar la batería HV también es posible refrigerar la batería HV con el sistema de aire acondicionado estás así por lo general en los vehículos totalmente eléctricos.

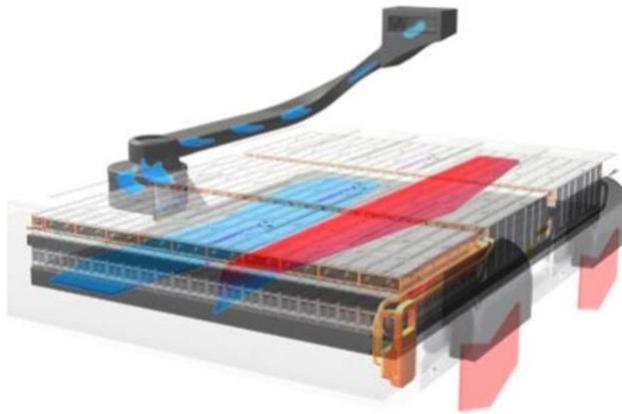


Ilustración 10 Ventilación de batería HV

Fuente: Plataforma Electude

2.10 Parámetros de las baterías HV

2.10.1 Tensión de la batería.

Uno de los parámetros que más caracterizan el comportamiento y cualidades de una batería es la tensión que posea. La tensión de una batería viene dada por el material del que estén fabricados los electrodos (Morente, 2016). Este parámetro es importante

controlarlo, especialmente para no rebasar los niveles de V_{max} y V_{min} ya que esto puede acelerar el deterioro de la batería y dejarla inservible. Las baterías de Li-on poseen circuitos que se encargan de monitorear en todo momento el voltaje de carga, regulándolo de tal manera que nunca rebase los niveles de V_{max} y V_{min} . (Cepeda, Garzón 2022)

2.10.2 Corriente máxima.

Cada celda, en función de cómo esté fabricada, es capaz de permitir que circule por ella una corriente de magnitud menor o igual a un determinado valor, denominado corriente máxima, que viene impuesto por el fabricante (Morente, 2016). Si la corriente que circula por la batería excede el valor máximo, los daños que sufrirá pueden ser irreversibles e incluso causar explosión. Para evitar tales riesgos, el circuito de control de la celda, además de limitar la tensión, será capaz de monitorizar la corriente que circule en cada instante y, en caso de llegar a la magnitud máxima, cortará el paso de corriente y de esta manera paraliza así el funcionamiento de la batería.

2.10.3 Capacidad.

Es la capacidad que es capaz de almacenar la batería. Depende de la cantidad de material reactivo que contenga la celda. Representa la cantidad de electricidad que entrará en juego en la reacción de oxidorreducción (Morente, 2016). La misma es medida en Ah, lo que es lo mismo, los amperios que puede suministrar en un lapso de una hora durante el proceso de descarga.

2.10.4 Eficiencia de carga o descarga.

Es un parámetro que señala la cantidad de carga que suministra una batería con relación a la carga que ha recibido anteriormente, expresado en porcentaje (Morente, 2016). Idealmente la eficiencia de una batería sería del 100%, pero debido a que existen factores que influyen en la misma como la temperatura, las pérdidas, el tipo de batería

y el índice de carga, esta eficiencia varía. Al cargar una batería entre unos valores de SOC (estado de carga) de 20 y 80%, la eficiencia es casi máxima.

2.10.5 Rendimiento.

Relación entre la energía eléctrica que suministra una batería y la que es necesaria para cargarla de nuevo. Viene influenciado por la velocidad a la que sea cargada la batería y el perfil de corriente que sufra en la descarga (Morente, 2016). El rendimiento de una batería jamás será del 100%, ya que depende íntimamente de la eficiencia de carga, las pérdidas en cargas y descarga, o la resistencia interna. Mientras más lentas sean las cargas y descargas, menores serán las pérdidas.

2.10.6 Corriente de autodescarga.

Parte de corriente efectiva que se pierde, aunque el dispositivo no esté en funcionamiento (Morente, 2016). Este fenómeno es muy leve, especialmente en las baterías de litio. El mismo se ve acentuado en el tiempo en el que las temperaturas de operación se elevan.

2.10.7 Resistencia interna.

Es la resistencia que opone la propia celda como material ante el flujo de corriente (Morente, 2016). Este parámetro puede descomponerse a la vez en dos tipos de resistencias, óhmica y de polarización. Una mayor resistencia óhmica provoca una menor tensión en la batería, un menor tiempo de descarga y menor potencia disponible. Su modelado proporciona valores para que al gestionar la batería se haga un mejor uso de las celdas del conjunto, lo que puede llevar a un mayor ciclo de vida. Por otro lado, la resistencia de polarización depende de la polarización química y de la concentración de electrolito.

Es posible que la batería HV deje de funcionar correctamente, el problema más común que ocurre es que la batería HV no está equilibrada, el voltaje de uno o más

módulo se desvía demasiado de los demás en general se puede decir que el voltaje más bajo no debe desviarse más del 5% de la fuerza electromotriz, el problema no tiene que significar necesariamente que el módulo este defectuoso, las conexiones oxidadas pueden causar una resistencia de contacto, una descarga excesiva de la batería también puede ser la causa, esto se puede ver en el estado de carga.

módulo	bloque A	bloque B	bloque C
1	3,698 V	3,706 V	3,547 V
2	3,695 V	3,547 V	3,692 V
3	3,693 V	3,710 V	3,690 V
4	3,692 V	3,710 V	3,544 V
5	3,703 V	3,708 V	3,708 V
6	3,692 V	3,693 V	3,708 V
7	3,696 V	3,709 V	3,709 V
8	3,705 V	3,691 V	3,707 V
9	3,693 V	3,705 V	3,698 V
10	3,699 V	3,707 V	3,708 V
11	3,690 V	3,708 V	3,692 V
12	3,545 V	3,709 V	3,694 V
13	3,692 V	3,690 V	3,706 V
14	3,696 V	3,695 V	3,704 V
15	3,698 V	3,691 V	3,702 V
16	3,703 V	3,699 V	3,699 V
17	3,693 V	3,694 V	3,709 V
18	3,696 V	3,697 V	3,698 V
19	3,691 V	3,693 V	3,691 V
20	3,691 V	3,693 V	3,691 V
21	3,697 V	3,705 V	3,707 V
temperatura	22,6 °C	23,4 °C	22,8 °C
estado de carga (SOC)	64,6 %		

Ilustración 11 : Flujo de datos de celdas de batería HV.

Fuente: Ingecap, 2021

Si los valores de voltaje difieren más del 5% significa que se debe hacer una revisión técnica a la batería HV.

Para ver que la batería se ha descargado demasiado se debe verificar el estado de carga en el flujo de datos del escáner este valor es un voltaje general el cual nos indica el porcentaje del estado de carga de la batería HV.

Para el funcionamiento del vehículo es necesario que en momentos los Moto Generadores MG1 y MG2 sean accionados con carga almacenada, esta carga se encuentra en una batería denominada HV, la cual en carga nominal debe contener un mínimo de tensión de 201.6 V. Esta batería se encuentra en la parte posterior del automóvil y está compuesta por pequeños paquetes de batería colocados en serie.

Todo este paquete suministra tensión al conjunto inversor y recibe carga de este en condiciones específicas como accionamiento de MG1 o mediante MG2 en el llamado freno Regenerativo. El conjunto de la batería está construido a base de Níquel – Metal, cada uno de los pequeños paquetes no es más que un par de baterías de 7V aproximadamente colocadas en serie.

2.11 Causas de averías en las baterías HV

Las baterías de alto voltaje pueden sufrir degradación debido a factores internos como externos entre ellos se considera: la temperatura del ambiente, la capacidad, el uso, potencia de carga, resistencia interna, entre otros Aguirre y Imbaquingo (2021).

2.11.1 Pérdida de Capacidad

La pérdida de capacidad de la batería se ve siempre referenciada a un nivel de descarga; este es marcado o establecido por el fabricante puesto que esta pérdida se produce en cada ciclo de carga y descarga como consecuencia de la disminución de la capacidad misma que incide en la autonomía del vehículo.

2.11.2 Aumento de resistencia interna

Este tipo de resistencia se genera en el momento que existe un incremento en la concentración y cambio de potenciales del electrodo, esto provoca mayores tasas de resistencias durante los ciclos electroquímicos, provoca la oxidación de los electrolitos y la transformación irreversible de litio, lo que causa el deterioro o envejecimiento de

la batería del automotor Aguirre y Imbaquingo (2021). La resistencia interna de una batería fluctúa según la temperatura, el estado de carga, su antigüedad y otros factores.

La alta resistencia interna puede causar problemas durante la carga. A pesar de que no existe una definición exacta que permita definir el nivel de resistencia interna, se puede obtener con la siguiente expresión:

$$= \frac{V_0 - V}{I}$$

Dónde:

RB: Representa la resistencia interna

V0: Representa la Tensión de vacío.

V: Representa la tensión de la batería con la carga.

I: Representa la intensidad suministrada por la batería.

2.11.3 Almacenamiento.

Se debe tomar en consideración que todas las baterías sufren un auto descarga de forma gradual durante un determinado tiempo debido al uso o almacenamiento. Lo cual provoca o genera la pérdida de capacidad útil de la batería, ya que se presentan reacciones parasitas dentro de una celda de batería recargable; esta tasa de pérdida es una función de la química de la celda y del ambiente de temperatura que experimenta la célula Aguirre y Imbaquingo (2021). En caso de que se almacenan baterías en condiciones de temperaturas no optimas y variables aumenta la tasa de auto descarga, lo cual genera cambios químicos en la celda e imposibilita que recupere la capacidad de carga. Los factores a tomar en cuenta al momento de almacenar una batería son:

- a) Estado o porcentaje de carga (SoC), el cual es el nivel de carga que tiene la batería en determinado momento. El nivel adecuado para almacenar una batería es de alrededor del 40% de su capacidad total. Tomar en cuenta que una batería

almacenada al 100%, a altas temperaturas o por uso excesivo implica mayor degradación Aguirre y Imbaquingo (2021)

- b) Temperatura a la que está la batería: La temperatura a la que está la batería es relevante dado que para el almacenamiento va a depender mucho del tipo de batería; dado que el calor en exceso durante el proceso de carga o descarga tiene un efecto perjudicial sobre la misma Aguirre y Imbaquingo (2021). La temperatura optima de almacenaje de las baterías está en el rango de entre 15°C-30°C, ya que fuera de este rango se acelera el proceso de degradación de las celdas y sus propiedades químicas.
- c) Lapso de almacenamiento: a mayor tiempo almacenado, mayor será la degradación de estas.

2.12 Estimación del sistema de almacenamiento en prototipos de vehículos eléctricos

Las baterías son la fuente de energía para cualquier vehículo eléctrico, a una velocidad, un voltaje mayor aumenta el rango y puede aumentar el par de torsión ascendente, sin embargo, un voltaje menor no lo hace.

2.12.1 Recuperación de energía de baterías

Se denomina ciclo de vida de la batería a la descarga completa y luego de recarga completa. El rango de vida de una batería esta aproximadamente entre los 2000 y 8000 ciclos y en promedio el tiempo de vida de una batería esta aproximadamente en el rango de 18 meses a 36 meses. Al llegar a su vida útil estas no mueren, sino que su eficiencia Columbia, se deteriora considerablemente es decir la carga de la batería a descargarse más rápido y su capacidad de recarga disminuye por completo. La carga repetida debilita a la batería, así como el calentamiento repetido, con la finalidad de reducir los efectos

adversos producidos por la carga repetida se recomienda utilizar cargadores baterías establecidos por el fabricante, (Guambo Daquilema, 2019).

Las baterías, son consideradas como las baterías recargables, las cuales permiten un almacenamiento, y un sistema de carga y descarga para mejorar el rendimiento de un vehículo eléctrico, en la tabla 3 se aprecia las reacciones de energía electroquímicas (Park,

2012).

2.13 Vehículo Eléctrico Kia Soul

El vehículo es silencioso, resulta muy versátil a la hora de buscar un espacio para estacionar, por lo que cumple en cuanto a su propósito de impulsar la movilidad alternativa.

En Ecuador está disponibles el vehículo Kia Soul EV Eco Electric que cuenta con la siguiente tabla de especificaciones técnicas. Ver anexo 01.

Tabla 3.

Especificaciones Kia Soul

Especificaciones técnicas		
Motor eléctrico	Par máximo (Nm)	285
Batería	Tipo	Polimérica de litio iónica
	Potencia (kWh)	27
	Potencia (kWh)	90
Desempeño	Aceleración (seg./0)	
	Velocidad máx (Km/H)	145
	Inclinación máx (%)	33
	Distancia recorrida con una carga (Km)	212
	Emisiones de CO2 (gCO2/Km)	0

Fuente: Ficha Técnica Kia, 2022

Nota: características eléctricas y de desempeño del vehículo Kia Soul.

CAPITULO III

Estado de carga de la batería HV (SOC)

Las baterías HV proveen un voltaje por encima de los 200 voltios, ese voltaje es usado para mover los motores trifásicos del vehículo y demás elementos del vehículo, este voltaje requiere ser regenerado y monitoreado constantemente por la ecu de la batería, adicionalmente, tómesese en cuenta que el control de temperatura no exceda la temperatura ideal de trabajo (Automotive, prologo Battery Charger User Guide, 2017), este trabajo de proporcionar la energía eléctrica provoca que la batería HV entre en un proceso de descarga, luego los motores del vehículo se convierten en moto-generadores, ellos proporcionan energía eléctrica a las baterías y de esta manera dar el inicio a un proceso de carga.

En los vehículos híbridos y eléctricos el estado de carga (SOC) de la batería de alta tensión es de suma importancia para el funcionamiento del sistema. El estado de carga (SOC) es el nivel de carga de la batería, normalmente expresado como un porcentaje del total de la capacidad máxima que tiene. En un concepto similar al nivel de combustible, por ejemplo, un 25% del SOC equivaldría a un tanque de 1/4 de combustible. (Augeri, F, 2014).

Si una batería tiene una capacidad de 20kw y el SOC es del 50%, entonces la capacidad actual de esa batería seria de 10 kw.

El estado de carga de una batería se refiere a la cantidad de energía de una batería HV, el SOC se puede determinar de distintas maneras:

3.1 Medición de corriente.

Tanto las corrientes de entrada como de salida de la batería se monitorizan continuamente, la cantidad de energía consumida o almacenada se puede determinar con exactitud.

3.1.1 Gráfico Ah/V

Se mide el voltaje de la batería HV y su temperatura, la cantidad de energía en la batería HV se puede estimar. Esto se logra al medir el voltaje de la celda, que se puede usar para determinar la cantidad de energía almacenada.

El mal funcionamiento es el monitoreo de los voltajes de los packs de la batería, así como el control de la temperatura con los sensores, mediante la ECU de la batería se detecta la avería e informa al Módulo de todo el sistema que no puede realizar el proceso de carga y descarga.

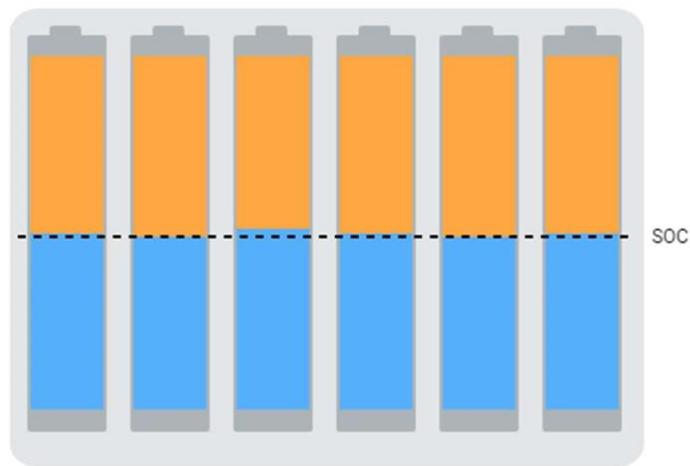


Ilustración 12 Estado de carga de las baterías

Fuente: Electude, 2022

- Carga lenta: La carga lenta es una intensidad suministrada por el cargador que coincide el 10% de la capacidad nominal de la batería (Caiche, 2015).
- Ciclo de carga: Es el aporte de una energía externa con el objetivo de que los iones y electrones vuelvan a su situación original (Artes, 2012)

- Ciclo de descarga: La batería entrega corriente eléctrica que es capaz de mover el motor eléctrico que impulsa el auto. (Artes, 2012).

3.2 SOC por corriente

La energía de la batería HV se utilizará en el momento que el motor eléctrico genere tracción al vehículo, si el motor se utiliza como generador, entonces la corriente volverá a fluir hacia la batería HV.

La corriente se puede medir con precisión con un sensor de efecto hall, si se conoce el voltaje y el tiempo transcurrido, se puede calcular la energía consumida o almacenada.

La energía consumida se calcula:

$$W=P*t$$

Se calcula la potencia con la siguiente formula:

$$P=U*I$$

W= energía en julios, vatio segundo (Ws) o kilovatio hora (Kwh)

P= potencia (W)

T= tiempo en segundos (s)

U= voltaje en voltios (V)

I= corriente en amperios (A)

$$1 \text{ j} = 1 \text{ Ws}$$

En el momento que un vehículo circula por una pendiente en sentido ascendente la corriente que consume el motor eléctrico es mayor, en caso de ir en sentido de descenso el motor entrega corriente con lo cual el sistema carga la batería, a esto se le conoce como freno regenerativo.

Cuanto existe consumo de corriente el motor se comporta como motor eléctrico y en el momento que entrega de corriente el motor se comporta como generador.

$$W=P*t$$

$$P=U*I$$

$$W=U*I*t$$

Ejemplo:

El voltaje del motor eléctrico es constante 300v, la corriente consumida en 4s es de 50A ¿Cuál es la energía consumida?

$$W=U*I*T$$

$$W= 300*50*4$$

$$W=60000 \text{ J}$$

$$W= 60 \text{ kJ}$$

La temperatura influye bastante en el voltaje de la celda. El sistema de gestión de batería BMS utiliza estos datos para determinar el SOC.

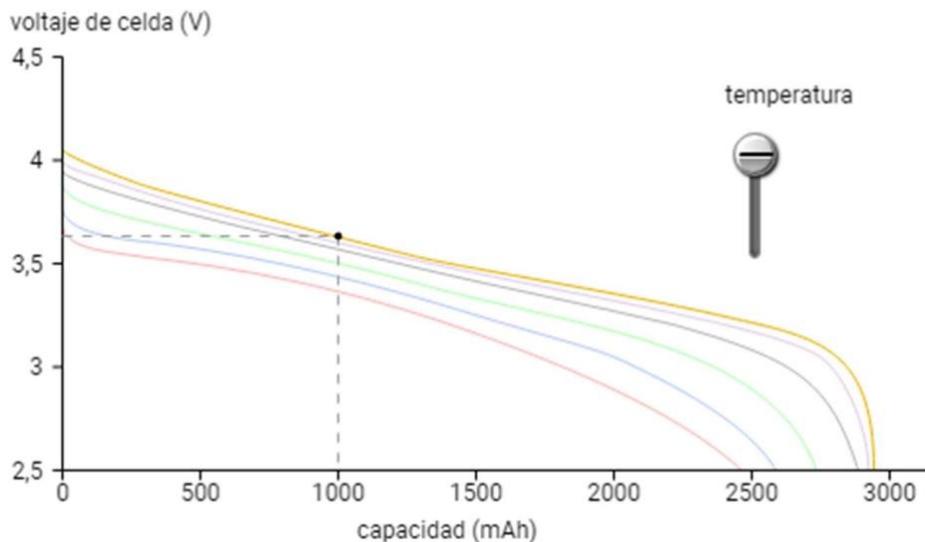


Ilustración 13 Relación voltaje – amperaje según la temperatura

Fuente: Plataforma Electude, 2022

Claramente se puede interpretar que la temperatura influye en el estado de carga de la batería y su capacidad de almacenar corriente eléctrica, a mayor temperatura su

capacidad de almacenamiento disminuye, por eso es importante en las baterías HV los sistemas de refrigeración.

3.3 Estudio del proceso de carga y descarga de una batería.

Se toma una batería de NI/MH y en principio se la somete a una descarga total, es decir se le coloca un consumidor y se la deja que se descargue totalmente hasta que un voltímetro conectado a la misma indique cero voltios.

Se toma como ejemplo una batería de 7.2 voltios 6.5 A/H. Una vez descargada se la somete a un proceso de carga total, en el caso en cuestión se la carga con una fuente regulada de a corriente constante de 1 A por un tiempo de 6.5 horas. Se llega a una capacidad máxima de carga = $6.5 \text{ H} * 1 \text{ A} = 6.5 \text{ A/h} = 6500 \text{ mA/h}$.

La batería así cargada tendría un SOC del 100%, dado que una batería normalmente mantiene su voltaje aun en el momento que el nivel de carga es muy bajo, resulta un tanto complejo calcular su estado de carga en el tiempo que se observa solamente este parámetro. Justamente calcular con exactitud el estado de carga -SOC- motiva la medición de voltaje y corriente, de tal forma que mediante un software la ECU a cargo pueda determinar con la mayor exactitud posible cual es en cualquier momento el estado de carga de una batería.

Se comprenderá que calcular el estado de carga en forma correcta es prioritario para el correcto funcionamiento de los vehículos híbridos y eléctricos. (Fernando Augeri, 2022)

Una batería está formada por varias celdas. Cada celda consta de dos electrodos, que son unas placas de membrana metálica diseñadas para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito, por ejemplo, un electrolito.

El electrolito es el medio por el que circulan las cargas y que unen ambos electrodos en una misma celda y se conoce como cualquier sustancia que contenga iones

libres, por lo que se convierte en conductor eléctrico. El electrolito puede ser ácido o alcalino por lo que a su química se refiere y líquido o sólido, por su fase.

La manera en que una celda genera energía eléctrica se basa en un principio llamado reducción-oxidación. En este proceso uno de sus componentes (electrodo reductor ó ánodo) se oxida y da lugar a la pérdida de electrones, por lo que tendrá carga positiva, mientras que el otro, a través del medio conductor (electrolito) ganará los electrones perdidos en un proceso de reducción y, por lo tanto, se cargará negativamente (electrodo oxidante ó cátodo). Todo este proceso hace que se produzca una diferencia de potencial entre los terminales de la batería y que libere, en el caso de cerrar el circuito conectar una carga, una corriente eléctrica.

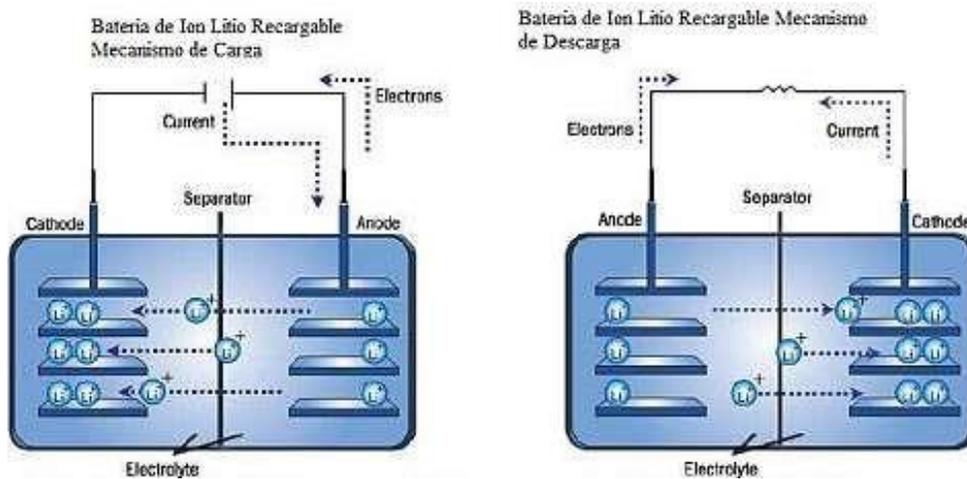


Ilustración 14 Forma de carga de la batería

Fuente: Plataforma Electude, 2022

Existen varios modos de carga, pero previo a esto se tiene que tocar el tema de "algoritmo de carga"; se conoce como algoritmo de carga el método con el que el cargador restituye la carga de la batería. Las diferentes técnicas de control de voltaje y el manejo de la cantidad de corriente que se suministra, todo esto mezclado con el desarrollo de la tecnología han llevado que se fabriquen varios tipos de cargadores modernos.

Cada fabricante ha desarrollado sus propios algoritmos para realizar el control de la carga de la batería y dentro de los modos de carga se tiene algoritmos de 3 etapas y 2 etapas.

3.4 Algoritmos de 3 etapas:

El momento que se procede a cargar una batería por este algoritmo se divide en tres partes o fases que son:

3.4.1 Carga rápida

Durante este tiempo la batería está total o parcialmente descargada, es decir, por ejemplo, en el momento en el que se considera una batería de 6 celdas o 12 V, presenta voltajes del orden de 11.4 Vcc y de 12.9 Vcc en el momento que está totalmente cargada. Al inicio del ciclo de carga, el cargador intentará alcanzar el voltaje de la etapa de Absorción (Voltaje requerido en la etapa 2, valor típico entre 14.2 y 15 Vcc), pero al estar la batería descargada la corriente intentará aumentar rápidamente y debe ser limitada por el cargador. Por lo que en esta etapa de Carga Principal la corriente de carga se mantiene constante y el voltaje de la batería (o de carga) aumenta lentamente.

3.4.2 Carga de Absorción

En este momento la batería está aproximadamente un 80% recargada. El cargador en esta etapa mantiene el voltaje constante mientras que la batería absorbe la carga desde el cargador de baterías de HV. Este valor de la corriente bajará gradualmente en la medida que la batería completa su proceso de carga, por tanto, durante la etapa de Absorción la corriente disminuye y el voltaje en la batería se mantiene constante.

3.4.3 Modo de almacenamiento flote o mención de carga

El modo de flote es un modo opcional en muchos cargadores de batería, aunque los de mayor calidad siempre los tienen. Básicamente es posible implementar un par de características en la etapa de Flote. La primera es simplemente poner el cargador en un modo de voltaje constante. El valor de este voltaje estará algunas décimas por sobre el voltaje (en vacío) de una batería cargada, típicamente entre 13.2 y 13.6 Vcc. La segunda es apagar el cargador y "senar" el voltaje de la batería, en la ocasión en el que el voltaje disminuye de algún valor prefijado, el cargador se enciende nuevamente con un valor de voltaje constante.

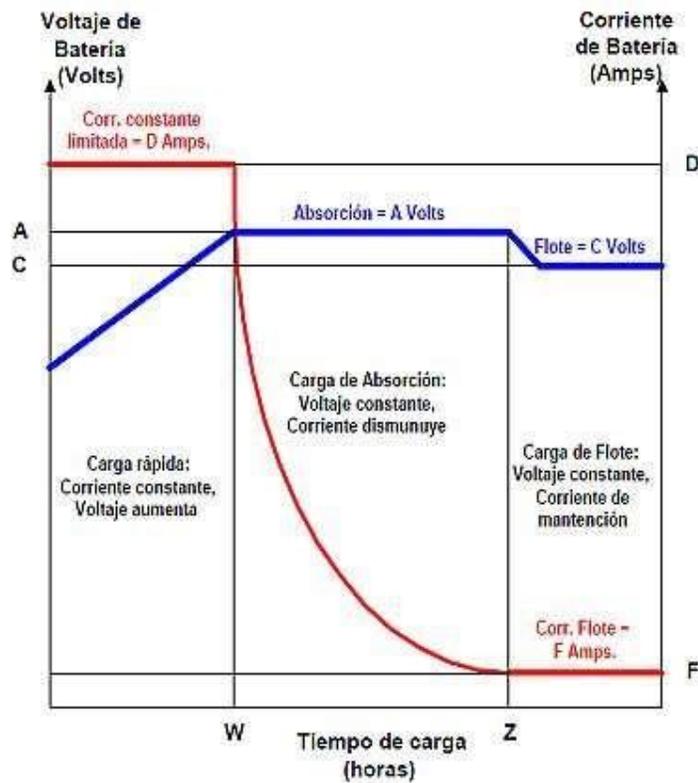


Ilustración 15 Tiempo de carga

Fuente: Cise Electronics, 2017

Donde A es el valor de voltaje mantenido constante por el cargador durante la etapa de Absorción. "C" es el valor de voltaje mantenido constante por el cargador durante la etapa de Almacenamiento

“D” es el límite de la corriente regulada o el valor de corriente mantenido constante por el cargador durante la etapa de carga principal “F” es la corriente de mantenimiento provista por el cargador durante la etapa de Almacenamiento o etapa de Flote.

Para el tiempo: “W” es el tiempo transcurrido en el proceso de carga principal.

“Z” es el tiempo total transcurrido en la etapa de carga principal y la etapa de Absorción.

La carga de baterías de vehículos híbridos y eléctricos también tiene estas etapas, las cuales realizadas con cierta eficiencia y con técnicas adecuadas resulta en una mejora de su capacidad que permite el restablecimiento de su correcto funcionamiento. (Cise Electronics Corp, 2017)

Bajo los parámetros mencionados anteriormente, se debe realizar el diseño de nuestros equipos cargador y balanceador de baterías.

3.5 Cargador de baterías híbridas HNiM

3.5.1 Necesidades

- a) El cargador de baterías híbridas será alimentado con un voltaje alterno de 110 VAC, de la red doméstica.
- b) Necesita ser transformada la corriente alterna en corriente continua.
- c) La tensión almacenada en la batería HV de 214 ó 300 VCC, va a ser consumida en forma directa por componentes que van a estar dispuesto en paralelo.
- d) Los elementos de medición deben de realiza el monitoreo de la diferencia de voltaje en el momento en que se almacena tensión en la batería HV, la caída de tensión que debe de existir a la descarga y la corriente que va a utilizar el banco de pruebas para cargar y descargar, depende en el estado en que se encuentre.
- e) Por un interruptor se seleccionará el tipo de funcionamiento que realice de carga o descarga de la batería HV y en la descarga se tendrá un interruptor que controle

los focos halógenos, en el tiempo en el que se limita la descarga en un mayor o menor tiempo. (Gómez F, 2014)

3.6 Cálculos de selección de elementos eléctricos

Para los cálculos se relaciona el voltaje de 110v, donde la corriente que puede ingresar en el circuito es de 8,1 amperios, los resultados serán la capacidad que va a tener

cada elemento electrónico en el banco de pruebas, ante tal hecho se realiza sus funciones de filtrado, conducción y limitadores de corriente.

3.6.1 Voltaje pico de entrada, de salida y tensión inversa de pico.

Primero se debe encontrar el valor del voltaje pico o voltaje máximo, los cálculos respectivos se presentan a continuación:

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

$$V_p = \sqrt{2} \times V_{\text{rms}}$$

Ecuación 1 voltaje pico en la carga.

Fuente: Malvino, A. & Bates, B. (2007)

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 banco de pruebas y 1,41 es la raíz cuadrada de 2.

Se calcula el voltaje pico inicial con un voltaje de alimentación de 110 VAC.

$$V_{p \text{ inic}} = 1,41 \times 110 \text{ V}$$

Donde el voltaje pico de entrada es.

$$V_{\text{pínic}} = 155,56 \text{ V}$$

Malvino, A. & Bates, B. (2007) “Se va a calcular el voltaje pico de salida, se resta el voltaje pico de entrada con la tensión de salida continua en puente, el valor se encuentra en la ecuación de picos de salida”

$$V_{\text{psal}} = V_{\text{pínic}} - 1,4\text{V}$$

Ecuación 2 Tensión pico de salida.

Fuente: Malvino, A., & Bates, B. (2007)
Para un voltaje pico inicial de 155,56 V.

$$V_{\text{psal}} 110\text{V} = 155,56 \text{ V} - 1,4\text{V}$$

Donde:

$$V_{\text{psal}} 110\text{v} = 154,16 \text{ V}$$

La señal de voltaje de salida del puente rectificador es de 154,16 V, para el funcionamiento de este equipo.

Como ya está calculado el voltaje pico de salida, ahora se procede a buscar la capacidad que debe tener el rectificador de onda completa y filtro con condensador a la entrada, para el respectivo calculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{PIV} = V_{\text{p}}$$

Ecuación 3 rectificador de onda completa

Fuente: Malvino, A. & Bates, B. (2007)

Donde:

PIV= Tensión inversa de pico (V)

Vp= Voltaje de pico de salida (V)

Para 110VAC, el resultado es.

$$\text{PIV} = 154,16 \text{ V}$$

El puente rectificador KBPC1506W es el adecuado tiene una capacidad de 15 amperios-600 voltios, porque la tensión inversa de pico 154,16 V es menor a la tensión de 600 voltios.

3.6.2 Energía almacenada y potencia del condensador electrolítico.

Para el cálculo de la energía que puede almacenar el condensador electrolítico se debe utilizar la siguiente ecuación.

$$W = 0,5 CV^2$$

Ecuación 4 Cantidad de energía que puede almacenar el condensador.
Fuente: Fowler, R. (1992)

Donde.

W= Energía almacenada calculada (J).

C= Capacidad del condensador (F).

V= Voltaje pico de salida (V).

Se elige un condensador electrolítico de 470 microfaradios y 350 voltios de capacidad y el voltaje pico de salida 154,16 V y se procede a reemplazar los valores:

$W_{110V} = 0,5 \times 470 \times 10^{-6}(154,16)^2$ El resultado es:

$$W_{110V} = 5,58 \text{ J}$$

La cantidad de energía no es muy grande, pero el condensador genera mayor potencia al descargarse en menor tiempo.

=__

Ecuación 5 Potencia del condensador electrolítico.

Fuente: Fowler, R. (1992)

Donde:

W= Cantidad de energía almacenada (J) t=

Tiempo (s)

P= Potencia (w)

La cantidad de energía almacenada son los valores de 5,58 J, el tiempo que se va a asumir es de 7 ms y se va a calcular la potencia que nos puede generar el condensador.

Para una cantidad de energía almacenada de 5,58 J, se reemplaza los valores en la ecuación 5.

$$P_{110V} = \frac{5,58 \text{ W} \times \text{s}}{0,0070 \text{ s}}$$

El resultado es:

$$P_{110} = 797,14 \text{ Watt}$$

La potencia del condensador en 7 ms es de 797,14 Watt, se realiza un análisis y la intensidad que va a soportar el condensador es de 10,4 amperios, lo cual el condensador de 470 200V es ideal para el funcionamiento en el circuito de carga.

3.6.3 Potencia del diodo de protección.

Se utilizará un diodo de protección para evitar sobretensiones o algún problema en el sistema, se verifica cual es la potencia máxima que debe tener el mismo:

$$PD = V_{\text{max}} \times I_{\text{max}}$$

Ecuación 6: Potencia máxima del diodo.

Fuente: Malvino, A. & Bates, D. (2007)

El voltaje máximo que se obtiene es de 154.16 voltios que se calculó en la ecuación, se asume que la intensidad máxima de ingreso es de 8.1 amperios, se reemplaza los valores en la ecuación: $P_D = 154.16 \text{ V} \times 8,1 \text{ Amp}$ El resultado es.

$$P_D = 1248.69 \text{ Watt}$$

La máxima potencia que el diodo va a tener es 1248.69 Watt teóricamente según las especificaciones del mercado se puede utilizar un diodo rectificador de 6 amperios 1000 voltios.

3.6.4 Intensidad de carga.

Para calcular la intensidad de carga que va a encender la lámpara halógena, se utilizara la ecuación siguiente:

$$P = V \times I$$

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

Ecuación 7: Intensidad de carga de la batería HV.

Fuente: San Miguel, P. (2009)

Donde:

I= Intensidad

V= Voltaje

P= Potencia

El voltaje de 110 voltios es la alimentación que va a tener en el momento en el que se conecte a la corriente eléctrica y la potencia viene descripta en los datos del foco halógeno que es de 150 watt, se resuelve la ecuación y se obtiene:

= _____

Resultado:

$$I = 1.36 \text{ A}$$

La intensidad que va a encender el foco halógeno limitador de corriente es de 1.36 amperios, y la intensidad que nos brinda la corriente de alimentación es de 8,1 amperios, mediante los cálculos de la ecuación se tendrá la intensidad que va a cargar la batería híbrida.

$$I_{\text{Carga}} = I_{\text{Alimentación}} - I_{\text{Foco halógeno}}$$

Ecuación 8: Intensidad de carga del sistema.

Donde

$$I_{\text{carga}} = 8,1 \text{ A} - 1.36 \text{ A}$$

Resultado es.

$$I_{\text{carga}} = 6.74 \text{ A}$$

La intensidad de carga que va a llegar a la batería híbrida es de 6.74 amperios y depende de cómo esté el estado de carga (SOC), el amperaje va a disminuir entre más pase el tiempo.

3.7 Descarga

3.7.1 Capacidad de intensidad.

Para ver la corriente que pasa por el circuito de descarga, que va a encender a los focos halógenos se calcular con la ecuación 7 que se muestra a continuación.

=

Se ha colocado focos que tienen una potencia de 150 watt y se ha dispuesto 7 focos conectados en paralelo, el voltaje de la batería HV es de 190v en la ocasión en que se tome como referencia el voltaje de la batería HV del Kia Soul Eléctrico, Donde:

$$I = \frac{150w * 7}{190}$$

$$I = 5.52 \text{ A}$$

La intensidad que va descarga a los focos halógenos es de 5.52 amperios, se toma los valores de 190 voltios y 150 watt.

3.7.2 Capacidad del voltímetro.

Se toma como ejemplo la batería HV del Kia Soul Eléctrico cada celda tiene un voltaje de 3.9 voltios y el monitoreo que realiza la ECU HV es que cada dos módulos es un pack de la batería HV.”

$$V_{\text{pack}} = V_{\text{mód}} \times 2$$

Ecuación: Voltaje de cada pack de la batería HV del Toyota Prius 2009 Fuente: Augeri, F. (2013)

Entonces.

$$V_{\text{pack}} = 3.9 \text{ V} \times 2 \text{ El}$$

resultado es.

$$V_{\text{pack}} = 7.8 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} \text{La batería tiene en total 48 pack's} \\ = 24 \cdot 7.8 \end{aligned}$$

$$V_t = 187.2$$

El valor del voltaje que va a monitorear el voltímetro en la carga y descarga es de 187.2 V, por la relación de parámetros que se realiza, la capacidad que va a tener el voltímetro es de 300 V por la subida de tensión que puede tener cada pack y debido a la utilización de diferentes baterías HV con mayor voltaje.

Componentes:

- voltímetro analógico capacidad 300 VCD
- 1 voltímetro digital capacidad 300 VCA
- amperímetros analógicos 10 ACD
- 1 puente rectificador KBP1510W 15 A, 600V
- 1 condensador electrolítico 470microfaradios, 200v
- 1 diodo P600M, 6 A, 1KV
- 7 focos 150W, 220V
- 1 ventilador 110v
- 1 switch 110 V, 6 A
- 6 switch on-off

3.8 Selección de elementos eléctricos

En la selección de los elementos eléctricos se tomaron diferentes aspectos como el voltaje de alimentación que va a tener el banco de pruebas 110 VAC, la transformación de corriente alterna en continua, la carga, la descarga.

3.8.1 Voltímetros analógicos.



Ilustración 16 Multímetro DC – 300v

Fuente: Autores

3.8.2 Multímetros digitales

El multímetro digital va a cumplir una función principal de medir el voltaje de corriente alterna que entra al equipo.



Ilustración 17 : Multímetro AC

Fuente: Autores

3.8.3 Amperímetro analógico.



Ilustración 18 Amperímetro analógico de medición carga y descarga.

Fuente: Autores

Se utilizarán dos amperímetros que realizaran la misma función de medir la intensidad de corriente que circula en el circuito de carga y descargada de la batería híbrida, los mismos que tienen una escala de 0-10 amperios.

3.8.4 Puente rectificador KBPC1506W.

(DatasheetCatalog.com, 2014) “El puente rectificador KBPC1510W realiza el cambio de corriente alterna en continua, en el momento en el que está en paralelo con un condensador electrolítico para filtrar la señal que sale del mismo. Tiene una capacidad de soportar hasta 1000 VDA en el ingreso y 1000 VCC a la salida. Puede llegar a tener una salida máxima de corriente media rectificada de 15 amperios a una temperatura de 55°C.”



Ilustración 19 Puente rectificador

Fuente: Autores

3.8.5 Foco halógeno.

Los focos halógenos al estar compuestos de un filamento de tungsteno y tener una reacción química equilibrada de sus gases, lo cual alarga su vida útil de trabajo, es un elemento eficaz para descargar la batería híbrida de forma prolongada, ante tal hecho se logra que la calcificación existente en el interior de esta se abra y al realizar la carga de la batería HV limite la corriente que pasa por el circuito, a través de un voltaje de 110 VCC y una potencia de 150 Watt.

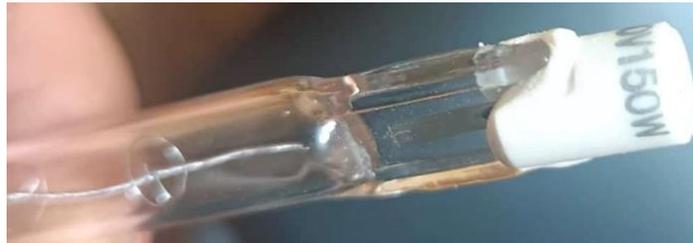


Ilustración 20. Foco alógeno de tungsteno

Fuente: Autores

3.8.6 Condensador electrolítico 470 MICROFARADIOS Y 200 V.

Tiene una mayor capacidad por unidad de volumen, se emplea en circuitos eléctricos de alta corriente, almacena la carga y se descarga en un poco tiempo y depende de la corriente que llegue al circuito, controla el voltaje de salida, se filtra la señal de corriente que envía el puente rectificador al mismo.

Tiene una capacidad de 470 microfaradios, puede llegar a tener un voltaje máximo de entrada y salida de 200 voltios.



Ilustración 21 Condensador electrolítico

Fuente: Autores

3.8.7 Diodo P600M.

El diodo se va a utilizar como protección en el sistema, permite el paso de corriente eléctrica en un solo sentido y protege el circuito eléctrico de carga, no va a permitir que la corriente eléctrica se regrese en el tiempo en que el circuito de carga este desactivado o activo y el circuito de descarga se encuentren en funcionamiento.

(P600 Series, 2014) “El diodo filtra la corriente que pase por él, permite que se cargue la batería HV. Tiene una capacidad de corriente de 6 amperios y un voltaje máximo que puede circular por el diodo es 1 000 voltios, hasta una temperatura de 55°C”.



Figura 21: Diodo de protección

Fuente: Autores

3.8.8 Ventiladores.

El ventilador es el encargado de mantener una temperatura adecuada, en el tiempo en que elimina el calor existente dentro del sistema, mantiene un ambiente de trabajo agradable para los componentes eléctricos, el calor es producido por los focos halógenos de carga y descarga, en el momento que están en funcionamiento.



Ilustración 22 Ventilador

Fuente: Autores

3.8.9 Interruptor conmutado.

Un interruptor va a controlar el tiempo de carga que puede estar activado o el tiempo de descarga, por medio de otro interruptor se puede activar S1, S2 y S3 depende del tiempo en el que se requiera que la batería híbrida se descargue y se puede activar los seis focos halógenos o algunos.



Ilustración 23 Interruptor conmutado

Fuente: Autores

3.8.10 Terminales de ojo y terminales hembra aisladas.

Los terminales de ojo se utilizan al final de todas las conexiones eléctricas en el cable conductor y de esta manera generar un mejor soporte de conducción, en el circuito es utilizado en las conexiones de los voltímetros, amperímetros y los terminales hembra aislados para los interruptores de control.

Para lo cual los terminales nos van a generar un mayor soporte en las conexiones del banco de pruebas genérico.



Ilustración 24 Terminales

Fuente: Autores

3.8.11 Conexión de los componentes eléctricos

En la conexión se utiliza elementos de soldar como el caudín, herramientas de cortar, de perforación y de medición. Las conexiones de los elementos eléctricos se va a describir a continuación.

3.9 Conexión De Los Amperímetros De Carga Y Descarga.

3.9.1 Conexión del circuito de carga.

El circuito de carga inicia con una conexión de voltaje de 110VCA, un puente para controlar la corriente en el sistema. La alimentación de 110V, pasa por un puente rectificar KBPC1510W, las salidas del mismo se conectan en paralelo a un condensador electrolítico de 470 microfaradios- 200 voltios, que se encuentra en serie con un interruptor de control del sistema, do focos halógenos de 150 watt, un amperímetro 10 amperios y un diodo protector P600M.

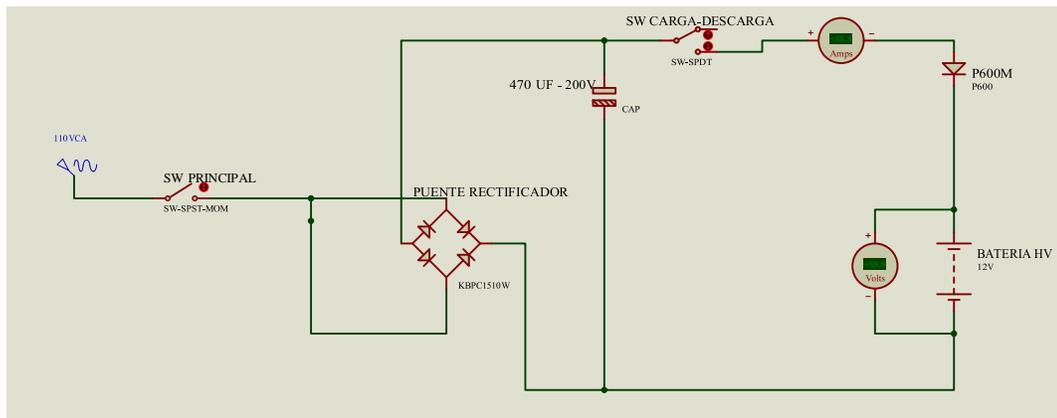


Ilustración 25 circuito de carga.

Fuente: autores.

3.10 Conexión circuito de descarga

El amperímetro en función de carga de carga va medir la corriente que pasa por el circuito, está conectado en serie a los focos halógeno limitadores de corriente, el diodo

de protección y a un interruptor de control para activar o desactivar el sistema dependiendo de la práctica.

El amperímetro en función de descarga va medir la corriente que absorben los focos halógenos para descargar la batería, va estar conectado a los focos halógenos de 150 watt y en el otro extremo va estar conectado a un interruptor de control para activar o desactivar el circuito de descarga.

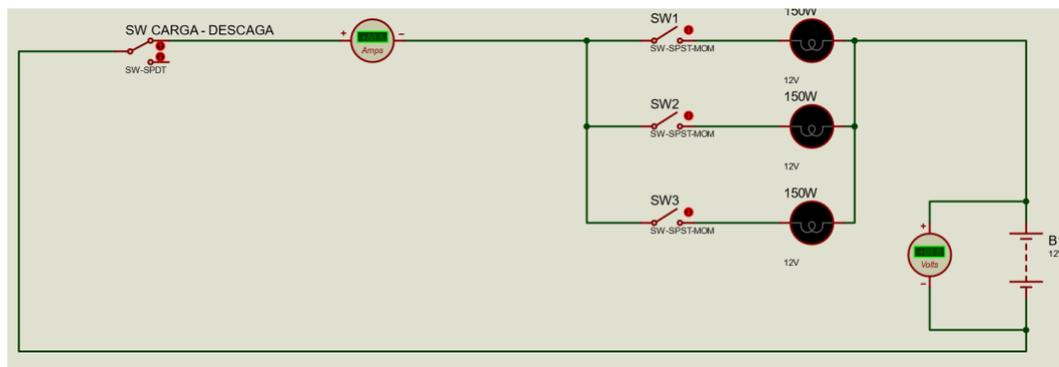


Ilustración 26 circuito de descarga

Fuente: autores.

El circuito de descarga va estar controlado por un interruptor, para seleccionar la opción de descarga.

Va estar conectado en serie a los focos halógenos de 150 Watt-110 voltios con un condensador de 400 voltios que controla el paso de corriente al circuito, Va estar conectado en serie un amperímetro para medir la corriente que se necesita para encender los focos halógenos de la descarga.

3.11 Circuito eléctrico de carga y descarga.

La carga de la batería híbrida se la realiza por medio del circuito eléctrico, el equipo va estar conectado a 110 VAC, la corriente inicia su recorrido por un puente de diodos rectificador que realiza el cambio de corriente alterna en corriente continua, va estar en paralelo a un condensador el cual va filtrar la señal de salida, va estar en serie

un amperímetro con un foco alógeno que nos va limitar la corriente, mediante un diodo que será la protección del sistema.

Para la descarga la corriente inicia su recorrido del positivo de la batería híbrida, el cual va tener un interruptor que va a controlar los focos halógenos que están en paralelo para aumentar el tiempo de descarga, tiene conectado en paralelo un amperímetro que va medir la corriente que va descargar a los packs de la batería híbrida, donde el otro extremos va estar conectado al negativo de la batería híbrida.

La batería híbrida va ser cargada y descargada a su máximo rendimiento por varias veces, con un mismo amperaje dependiendo de la necesidad en que se encuentre, nos va proporcionar valores de voltajes, amperaje y tiempo, de forma individual para cada pack, la idea de la carga y descarga es que la calcificación existente en la batería se abra y se regenere de nuevo el sistema.

3.12 Ensamblaje del cargador de baterías HV.

1.- Se instala las lámparas incandescentes de 150w, en paralelo, en la estructura del equipo, esta es metálica, para evitar cortocircuitos se instala una madera recubierta de aluminio aislado, estas lámparas van a provocar la descarga de la batería y también para limitar el paso de corriente cuando este en función de carga.



Ilustración 27 lámparas incandescentes

Fuente: autores.

2.- Se instala el circuito rectificador de corriente de alta potencia, para lo cual se instala el conector de 110v, y se lleva las líneas de Voltaje alterno hasta el puente rectificador de alta potencia, al cual también debemos conectar el condensador y el puente rectificador, con lo cual se hace al circuito estable, con lo cual se obtiene seguridad para la carga y descarga de la batería HV



Ilustración 28 instalación del circuito a retificar

Fuente: autores.

3.- Instalación de los indicadores, se instala un voltímetro digital de corriente alterna para medir el voltaje de entrada, que se toma de la red pública.



Ilustración 29 voltímetro analógico CA

Fuente: autores

Además, se instala un voltímetro de corriente directa, como indicador del estado de carga de la batería y también para saber el voltaje que tiene el paquete de baterías al momento de la descarga, se instalan dos amperímetros, para conocer el estado de la batería bajo el parámetro de corriente y finalmente dos Jack para conectar la batería HV al equipo de carga.



Ilustración 30 panel frontal equipo de carga

Fuente: autores.

3.13 Balanceo De Las Celdas De La Batería HV.

Una celda o célula es una unidad más básica de una batería HV. Esta unidad tiene una capacidad de 3.9 v y 34 amperios hora (castro, T. 2022)



Ilustración 31 celda de bateri HV kia Soul

Fuente: autores.

3.13.1 Fase de balanceo.

Durante esta fase se produce una oscilación en el voltaje que varía entre 1 a 3 v por un instante de tiempo, por lo general el balanceo esta dado en un tiempo de 4 a 6 y hasta máximo 12 horas después de haberse completado la primera fase de llenado, durante el balanceo, cada celda de batería hibrida individual está aumentando a un estado de carga del 100% real. A medida que una celda individual alcanza su voltaje pico, se calienta ligeramente, luego la tensión disminuye a medida que convierte el exceso de energía de carga en calor, luego la celda se enfría y nuevamente se carga al 100% (AUTOMOTIVE, 2017).

3.13.2 Carga lenta.

Una carga lenta se da cuando el amperaje de carga es a 10% de la capacidad que tenga la batería en Ah, realizar una carga lenta conlleva a tener un tiempo de carga prolongada, el mismo que puede ser calculado mediante la siguiente ecuación

$$= \frac{mAh * 1.4}{mA}$$

La constante de 1.4 se utiliza ya que los cargadores pierden un 40% de eficacia (Aguado, 2008) Tc= tiempo de carga

mAh= capacidad de carga de la

batería mA= capacidad de carga del

cargador.

3.13.3 Ciclo de carga/balanceo de la batería.

Cuando cargamos la batería en su conjunto, se tiende a cargar de forma desbalanceada en cada una de sus celdas debido a la resistencia individual, para contrarrestar este fenómeno es necesario realizar un balance de cargas individual.

3.14 Construcción del equipo balanceador.

1.- Regulación del voltaje de entrada para carga de la célula ion litio. Se debe regular el voltaje al que queremos que trabaje el circuito, debido a que las celdas trabajan a un voltaje máximo de 4.2 v, si permitimos que la celda se sobrecargue la batería prácticamente queda inservible, por lo tanto se necesita que el equipo tenga la capacidad de regular el voltaje, para lo cual se usa el siguiente circuito.

Este circuito esquemático se lo realiza en el software de diseño electrónico Proteus, en el cual se realiza la ubicación esquemática de los circuitos con sus componentes adecuado para el trabajo a realizar, el software cuenta con una amplia biblioteca de componentes electrónicos para realizar el diseño y simulación de los circuitos.

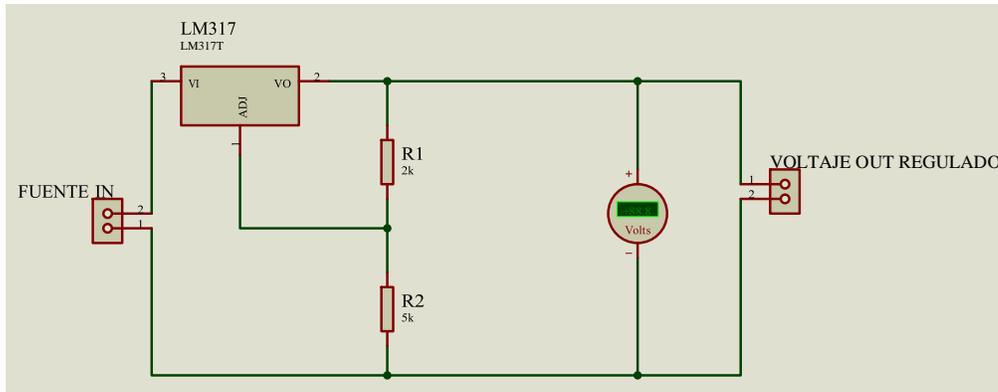


Ilustración 32 fuente regulada

Fuente: autores

2.- se realiza un circuito para controlar la carga de la celda, que tenga la capacidad de cortar la alimentación cuando la carga este completa al voltaje requerido.

En el circuito incorporamos un potenciómetro para regulación de voltaje de trabajo, el cual se verá reflejado en el multímetro que incorpora el circuito fuente, además en este circuito se coloca los Jack que van a recibir los bornes de la celda de ion-litio, se incorpora un transistor TL431, el cual va a controlar el flujo de corriente para detener la carga de la celda cuando esta se encuentre totalmente cargada, este trabajo lo realiza en conjunto con un transistor PNP con matrícula BD140. Adicional hemos integrado un relé con un diodo led, en paralelo al circuito para que cuando la corriente deje de fluir a la celda ion-litio, el rele se active y se encienda la luz indicadora.

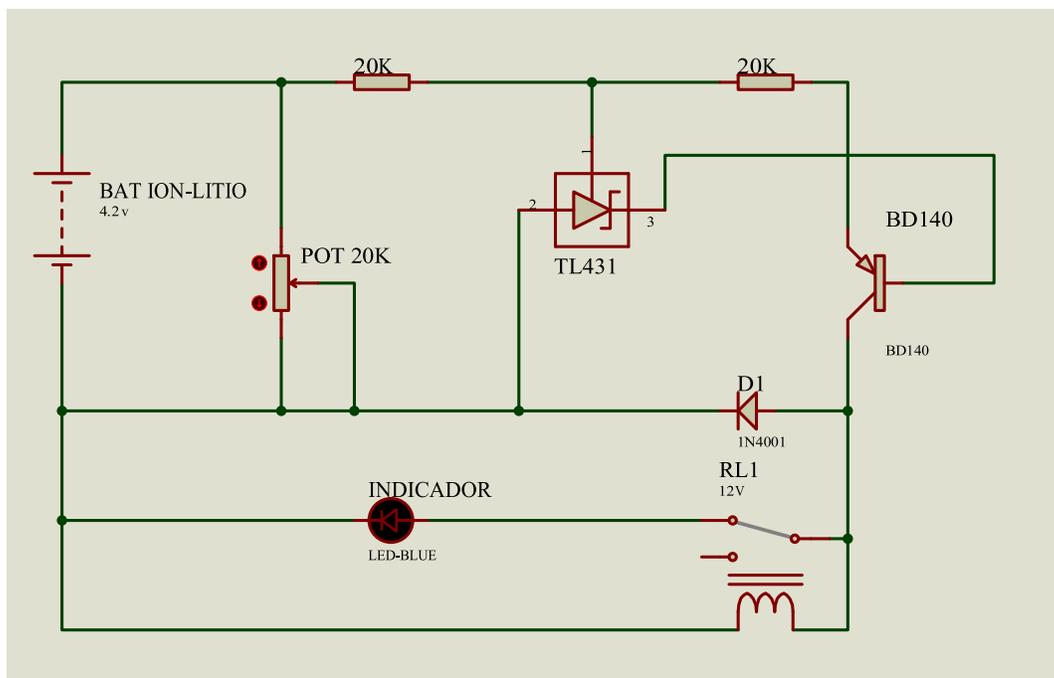


Ilustración 33 circuito de seguridad de carga

Fuente: autores

3.- Conjugamos los dos circuitos para hacer el circuito completo en un solo conjunto, en el mismo software proteus, en el área de Ares que es el apartado para diseño de PCB, se ubica los componentes y se realiza el auto ruteo para que el programa nos

diagrame las líneas de circulación de corriente, posterior al ruteo, se hace el ajuste del espesor de las líneas.

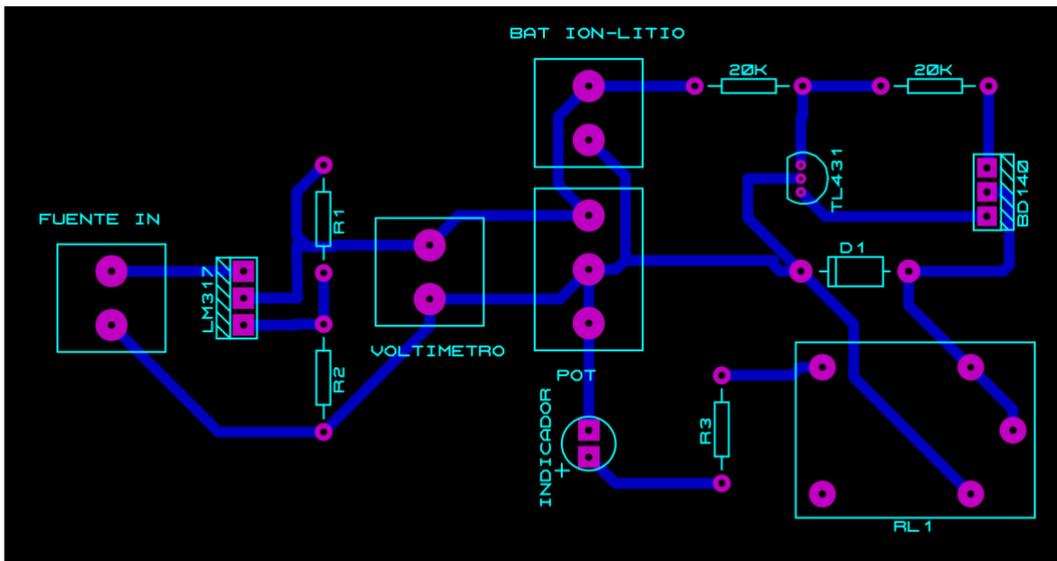


Ilustración 34 PCB del circuito de carga

Fuente: autores.

4.- Para conocer la ubicación de los componentes realizamos el circuito en 3D.

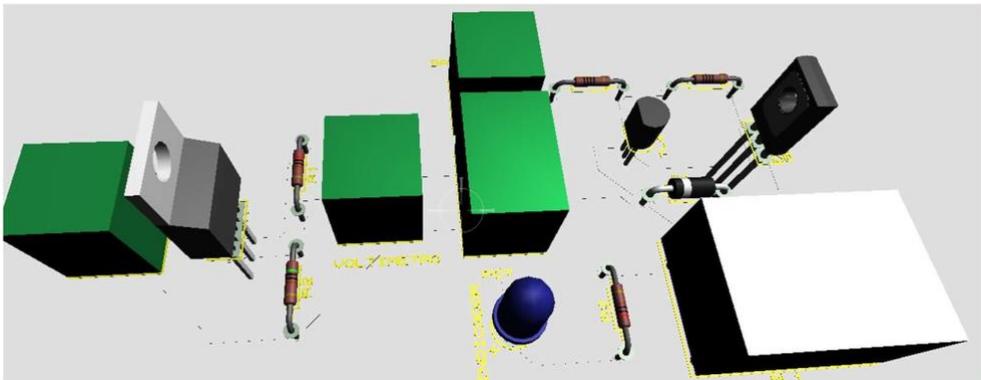


Ilustración 35 ubicación de componentes, circuito de carga

Fuente: autores.

5.- Una vez realizado el diseño en el software, se imprime el circuito PCB en papel fotográfico de 10 gr, este papel tiene la facilidad de transferencia de la tinta laser

al cobre de la placa por medio de transferencia térmica, para lo cual se usa una plancha, con temperatura constante y aplicando presión durante 5 minutos, para finalmente causar un choque térmico con la finalidad de que el traspaso de la tinta sea completo, el choque térmico

consiste en colocar en agua fría la placa y papel fotográfico que está a temperatura elevada, como se puede observar en el.



Ilustración 36 termo transferencia

Fuente: autores

6.- Para continuar el proceso de elaboración del circuito, se sumerge la baquelita en ácido sulfúrico, revisar periódicamente para que el ácido quite el cobre y solo deje las pistas necesarias, en promedio este proceso no dura 15 minutos; luego lavar con agua por completo y con un lustre se talla suavemente hasta que quede las pistas sin ninguna impureza, se utiliza tinner para realizar la limpieza final.



Ilustración 37 Quemado con ácido férrico

Fuente: (Autores)

7:- Realizar las perforaciones con broca de 0.8 mm, en los lugares que se deben colocar los elementos electrónicos, estas perforaciones son de mucha precisión para no levantar el cobre de la placa lo que incurriría en daño de la placa, después se procede a soldar con cautín y estaño los elementos adheridos a la placa, al final se comprueba que exista continuidad entre los elementos que debe existir continuidad y con una fuente de laboratorio se energiza la placa para realizar la prueba con un sensor de temperatura.



Ilustración 38 Perforación de placa PCB

Fuente: autores.

8.- El banco balanceador de celdas de ion-litio tendrá capacidad para celdas a la vez, por lo tanto, se realiza la fabricación de placas que controlan la carga y descarga de cada celda.

9.- Se realiza la conexión de las placas, voltímetros, Smith, potenciómetros en la estructura de acrílico, con cable electrónico número 24 se realiza los empalmes de alimentación, señales, voltímetros.

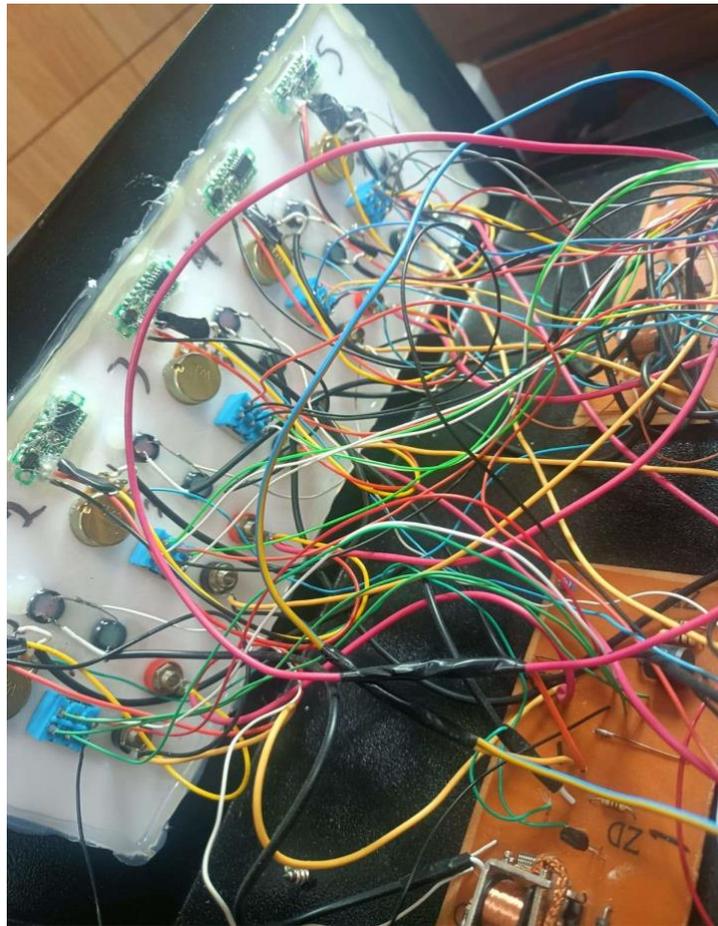


Ilustración 39 ensamblaje de los circuitos en estructura

Fuente: autores

Finalmente se consiguió un equipo que nos permite balancear 5 celdas de ion-litio a la vez, cada celda cuenta con su tarjeta electrónica de control, lo que permite alcanzar un equipo seguro para el balanceo de celdas ion-litio.

¿Qué tiempo debemos usar para balancear una celda?

$$= \frac{mAh * 1.4}{mA}$$

Cada celda tiene una capacidad de 34 amperios hora, el equipo está diseñado para entregar una carga de 0.5 amperios

$$= \frac{3400mAh * 1.4}{500mA}$$

Tc= 6.8 horas.

CAPITULO 4

4.1.-Vehículo Kia Soul

El nuevo vehículo Soul EV es la propuesta de movilidad eléctrica de la marca Kia, con una longitud de 4,14 metros, el ancho de vehículo es de 1.80 metros y su altura es 1.6 metros. Es propulsado exclusivamente por motor eléctrico síncrono de imán permanente, la batería es de polímeros de iones de litio. Su batería es compatible con carga rápida de hasta 100 kW bajo el estándar CCS, lo que permite recuperar desde el 20% hasta el 80% de la autonomía en 42 minutos.

Según (© 2020 QUADIS, 2020), el vehículo Kia Soul EV cuenta con un motor eléctrico de 81,4 kW (equivalente a 111 CV) y cerca de 210 kilómetros de autonomía. Actualmente se fabrica la segunda generación del modelo, y por primera vez la marca coreana permite elegir un Kia Soul movido 100% por energía eléctrica.



Ilustración 40 Vehículo eléctrico Kia Soul Ev

4.2 Batería HV Kia Soul.

El conjunto de baterías está compuesto por 96 células con polímero de iones de litio, fabricada por la empresa SK Innovation (Pedro Xavier, 2018), están agrupadas en 2 paquetes de 4 módulos, en total 8 paquetes, están conformados por paquetes de 10 y 14 celdas, cada celda con un voltaje nominal de 3.7, y un voltaje máximo de 4.2 v.

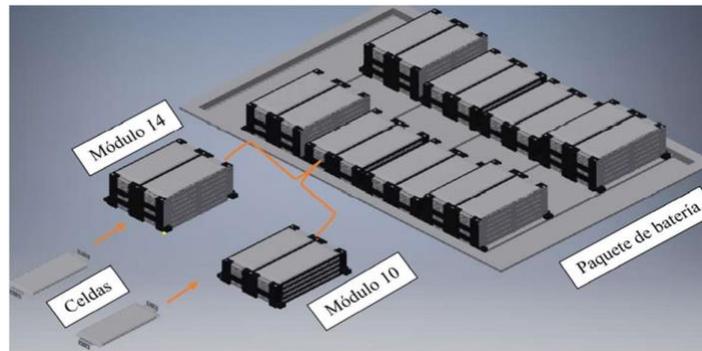


Ilustración 41 : Estructura de la batería HV Kia Soul

Fuente: Alvarado, Chanatasig (2019)

Tabla 4.

Conformación de la batería

Grande.	Pequeño
1 paquete	4 módulos
2 paquete	4 módulos
Total: 2 paquetes	Total: 8 módulos

Fuente: Autores

Nota: conformación de la batería HV, por paquetes y módulos.

Tabla 5.

Estructura de celdas de la batería HV Kia Soul

Módulos	Número	Número celdas.	Total, celdas
---------	--------	----------------	---------------

Módulos grandes	4	14	56
Módulos pequeños	4	10	40
Totales	8		96

Fuente: Autores

Nota: distribución y número total de celdas de ion-litio

El paquete 1 de batería HV, tiene un valor total de 190.4 V, teniendo en cuenta que son dos paquetes, cada uno tiene un voltaje aproximado a los 190 V.



Ilustración 42 Voltaje de un paquete de la batería Kia Soul

Fuente: Autores

El módulo de baterías grande tiene un voltaje nominal de 55v, están colocados en los extremos de la estructura de cada paquete, entre los dos conectados en serie nos suman 110v esto es en cada parque, es necesario recordar que son 2 paquetes.



Ilustración 43 Voltaje individual paquete grande

Fuente: Autores

Los paquetes pequeños tienen un voltaje nominal de 39,5 v cada uno, medido en forma individual, están colocados en el centro de la estructura de la batería HV.



Figura 29: Voltaje paquete pequeño

Fuente: Autores

Finalmente, la unidad más pequeña de una batería HV tiene un voltaje de 3.95v, en el diseño estructural de esta batería, vienen dos celdas en una estructura como se muestra en la figura 29.



Ilustración 44 Voltaje de una celda

Fuente: Autores

Averías en las baterías híbridas.

Las causas de mayor degradación en la operación de las baterías polímero de litio son de origen químico y térmico en las celdas de las baterías los mecanismos de falla

química incluyen descomposición y reducción de electrolitos, descomposición de la glucosa, formación de interfaz de electrolito sólido, intercalación de solventes, disolución de material activo, pérdida de litio y evolución de gas. (Alvarado, Chanatasig, 2019)

Información para evaluación de baterías.

Para entender la construcción de la batería HV de iones de litio tenemos que comprender claramente la estructura y los valores de trabajo para consolidar dicha información incluimos la siguiente Figura 30 y la Tabla No 07:

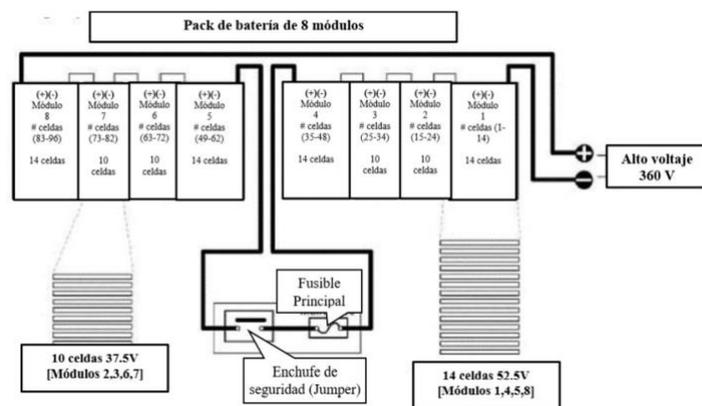


Ilustración 45 Estructura de la batería HV Kia Soul

Fuente: Alvarado, Chanatasig, 2019

Tabla 6.

Valores de trabajo batería HV Kia Soul

ELEMENTOS	VALORES
Voltaje nominal de la batería	360
Numero de celdas	96

Capacidad en Ah	75
Peso kg	277
Voltaje por celda v	2.5 – 4.2
Módulos	8
Refrigeración	Por aire
Diferencia de voltaje entre celdas	<40mv

Fuente: Autores

Nota: características constructivas de la batería HV aplicada al Kia Soul.

En este estudio para efectos de uso de los equipos diseñados para carga y balanceo de baterías HV del Kia Soul, usamos un paquete de baterías, que se compone de 2 módulos de 14 celdas y dos módulos de 10 celdas, dando un total de 48 celdas, el voltaje de este paquete es de 190,4 v.

Vamos a usar un módulo de 14 celdas, el cual tiene un voltaje nominal de 55 voltios, este paquete procedemos a descargarlos y cárgalo para evaluar los parámetros de prueba.

Para poder extraer los módulos, los cuales pueden ser conectados en nuestro equipo de carga, se debe desmontar todas las líneas de alta tensión, caracterizadas por uso de aislantes de color tomate.



Ilustración 46 : Desconexión de líneas de alta tensión

Fuente: Autores

Una vez desconectada las líneas de alta tensión, el siguiente paso es retirar los pernos de anclaje para la separación de los módulos.



Ilustración 47 Pernos de anclaje

Fuente: Autores

Desconectar los cables de los sensores de temperatura y sensores de corriente.



Ilustración 48 Conectores sensor de temperatura y de corriente

Fuente: Autores

Se desmonta las tapas plásticas, que forman el cubo de contención, en los laterales encontraremos las pistas calefactoras.



Ilustración 49 Calefactores

Fuente: Autores

Se retira los pernos de anclaje que unen las celdas.



Ilustración 50 Pernos de anclaje entre celdas

Fuente Autores

Finalmente, para desmontar las celdas se debe desoldar las uniones a la fusiblera, cada celda tiene un fusible de protección el cual se funde en caso de sobre carga, con lo cual se evita explosión de las baterías.



Ilustración 51 puntos de soldadura en la fusiblera

Fuente: Autores

Finalmente se extraen las celdas.



Ilustración 52 Celdas de polímero de iones de litio

Fuente: Autores

Se realiza la tabulación de las celdas para diagnóstico del paquete disponible, recordando que disponemos de 2 módulos de 14 celdas y 2 módulos de 10 celdas sumando un total de 48 celdas.

Tabla 7.

Tabulación de valores de voltaje de las celdas

No. Celda	1 Modulo 14	2 Modulo 10	3 Modulo 10	4 Modulo 14
1	3.95 v	3.95 v	3.90 v	3.95 v
2	3.96 v	3.94 v	3.91 v	3.98 v
3	3.90 v	3.92 v	3.94 v	3.94 v
4	3.92 v	3.91 v	3.95 v	3.93 v
5	3.95 v	3.65 v	3.93 v	3.97 v
6	3.94 v	3.94 v	3.05 v	3.95 v
7	3.93 v	3.92 v	2.90 v	3.95 v
8	3.95 v	3.95 v	3.94 v	3.94 v
9	3.95 v	3.96 v	3.90 v	3.95 v
10	3.91 v	3.90 v	3.95 v	3.92 v
11	3.92 v			3.91 v
12	3.90 v			3.90 v
13	3.97 v		3.95 v 14	3.95 v
	3.95 v			

Fuente: Autores.

Nota: Se realiza la tabulación de todas las celdas para realizar un diagnóstico apropiado

Para realizar el diagnóstico de las celdas de la batería HV, se tomó la medición con multímetro de cada una de las celdas. Se puede observar en la tabla 07 que la celda 5 del módulo 2 presenta un voltaje por debajo del valor nominal, además la celda 6 y 7 del módulo 3 también presenta desperfecto en su valor de voltaje, el resto de celdas de la batería HV presentan valores nominales de voltaje parejo, lo que demuestra que las celdas antes mencionadas necesitan un balanceo para estar en valor nominal igual al

resto. Se procede a descargar las celdas hasta un voltaje de 2.5 y luego se procede a cargar cada celda hasta un voltaje de 3.9 v.



Imagen: proceso de carga de celda.

Fuente: autores

Una vez realizado el proceso individual de cada celda con valores de voltaje bajo, se tabula nuevamente todas las celdas obteniendo valores de voltaje similares.

Tabla 8.

Tabulación de valores de voltaje de las celdas después de la reparación

No. Celda	1 Modulo 14	2 Modulo 10	3 Modulo 10	4 Modulo 14
1	3.95 v	3.95 v	3.90 v	3.95 v
2	3.96 v	3.94 v	3.91 v	3.98 v
3	3.90 v	3.92 v	3.94 v	3.94 v
4	3.92 v	3.91 v	3.95 v	3.93 v
5	3.95 v	3.95 v	3.93 v	3.97 v
6	3.94 v	3.94 v	3.95 v	3.95 v
7	3.93 v	3.92 v	3.95 v	3.95 v

8	3.95 v	3.95 v	3.94 v	3.94 v
9	3.95 v	3.96 v	3.90 v	3.95 v
10	3.91 v	3.90 v	3.95 v	3.92 v
11	3.92 v			3.91 v
12	3.90 v			3.90 v
13	3.97 v			3.95 v
14	3.95 v			3.95 v

Fuente: Autores.

Nota: Se realiza la tabulación después del balanceo de las celdas con voltaje bajo.

Finalmente, mediante los valores se determina que la reparación fue exitosa.

4.4 Equipo De Balanceo De Las Celdas.

Las baterías de polímeros de ion litio son delicadas al momento de realizar un procedimiento de carga y descarga, una carga excesiva de una celda puede provocar una explosión y una descarga excesiva puede provocar que la celda quede inservible, por lo tanto, se requiere que todas las celdas del módulo se encuentren balanceadas, por lo tanto, el equipo de balanceo vuelve fundamental en la recuperación de las baterías HV con tecnología ION LITIO.

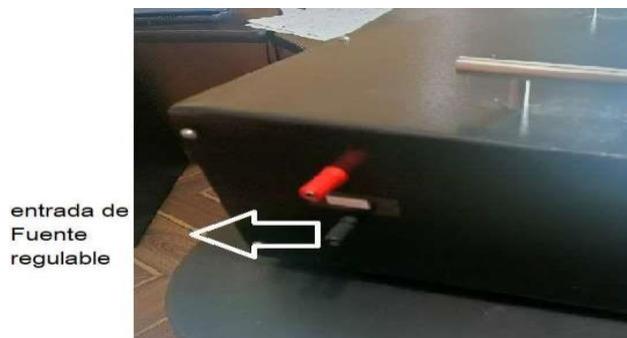


Ilustración 53 Tomas de alimentación del equipo de balanceo

Fuente: Autores

Se necesita una fuente regulada con una capacidad de por lo menos 16 amperios, la cual abastecerá de energía necesaria al equipo de balanceo de celdas de ion litio, se debe tomar en cuenta que el equipo tiene capacidad para balancear 5 celdas a la vez.



Ilustración 54 Capacidad de balanceo del equipo

Fuente: Autores

A continuación, se detalla las partes y funcionamiento del equipo balanceador



Ilustración 55 Distributivo de mandos e indicadores

Fuente: Autores

- V1: voltímetro, indica el voltaje de carga/descarga de la celda
- Led1: indicador de estado de descarga
- Led2: indicador de estado de carga
- Pot: regula el voltaje de carga que entrega el equipo a la celda
- SW: switch de selección de estado de carga o estado de descarga que deseamos realizar.

- Toma: Jack banana hembra para conexión de la celda a través de cables, se debe respetar el código de colores para evitar daños en el equipo, rojo positivo, negro negativo.

4.5 Equipo De Carga Y Descarga De Las Baterías HV

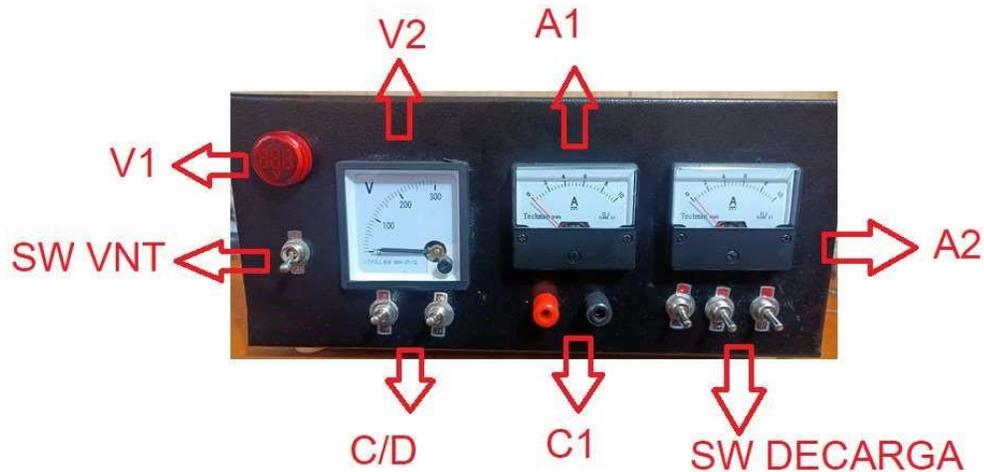


Ilustración 56 Equipo de carga y descarga

Fuente: Autores

- V1, es el voltímetro que marca la tensión de entrada del suministro público.
- SW VNT, es el switch que controla el ventilador, para efecto de refrigeración del equipo.
- V2, es el voltímetro que nos indica el voltaje de carga/descarga de la batería HV.
- C/D, son los switches con los que se selecciona la opción de carga o descarga de la batería HV.
- C1, son los conectores rojos (positivo) y negro (negativo), para anclar el módulo de la batería HV al equipo de carga/descarga.
- A1, es el amperímetro que indica la corriente de carga del equipo a la batería HV.

- Sw descarga, son los switches que activan los alógenos de 150w conectados en paralelo con lo cual se hace posible la descarga de la batería HV.
- A2, es el amperímetro que indica la corriente de descarga de la batería HV.

Los módulos grandes tienen 55v de tensión nominal y los pequeños 39v de tensión nominal, lo que significa que podemos conectar con total seguridad los módulos individualmente en nuestro equipo de carga/descarga para baterías híbridas, no podemos conectar la batería completa al equipo que se ha diseñado en este estudio, ya que este equipo tiene una capacidad máxima de 180v, tampoco podemos conectar un paquete ya que este tiene una capacidad de 190v lo que supera la capacidad del equipo. Al ser un equipo de diagnóstico y que fue diseñado para la recuperación de las baterías se debe realizar el procedimiento por módulos, es decir que la batería HV del Kia Soul al tener 8 módulos, nuestro proceso de diagnóstico y recuperación con el equipo de carga sería en 8 pasos.

Ver Anexo 02: Manual de uso de los equipos.

CONCLUSIONES

- Se desarmó la batería HV aplicada al vehículo Kia Soul, analizando la arquitectura de la misma, realizando el estudio individual de los componentes en su parte estructural como eléctrica, se investigó los valores de voltaje nominal
- Se investigó las reacciones de las baterías HV en los procesos de carga y descarga con el objetivo de proyectar el diseño de un equipo que nos permita recuperar el estado de las celdas.

- Se construyó un banco cargador de baterías y un banco balanceador de celdas, cada uno de estos realiza una función diferente y ambos buscan la recuperación de las baterías de alta tensión.
- Se midió 48 celdas del paquete disponible para el estudio, se tabuló los valores de la batería encontrando 3 celdas fuera de valores, se procedió a balancear estas celdas obteniendo resultados favorables en la recuperación de la batería HV.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar equipo de protección al manipular la batería de alta tensión para evitar descargas eléctricas en el cuerpo de los técnicos ya que puede causar la muerte.
- Al momento de realizar algún procedimiento de carga o balanceo con los equipos aquí diseñados, se recomienda revisar el manual de uso, con lo que evitaremos daños irreversibles

BIBLIOGRAFÍA

- Gascueña, D. (21 de Octubre de 2020). Los nuevos escenarios energéticos tras la crisis de la COVID-19. Recuperado el 10 de 08 de 2021, de <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/los-nuevos-escenarios-energeticos-tras-la-crisis-la-covid-19/>
- Ordóñez, W. (2019). Estudio de las barreras que impiden la introducción del vehículo eléctrico en la flota de taxis en la ciudad de Cuenca. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca: Trabajo especial de grado.

- Rojas, D., Salazar, J., Montoya, D., & Muñoz, E. (2020). Problemática de la contaminación del aire en Colombia. *Revista Ambiental ÉOLO*, 18 (1).
- Torres, J. (2015). Estudio de Viabilidad de la implantación de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca. Universidad Politecnica Saleciana de Cuenca. Cuenca: Trabajo especial de grado.
- Diaz, E. (2020). Etiquetado de Vehículos en Ecuador, en base al consumo de combustible, emisión de CO2 y Kilometraje vehicular: Cálculos reales de emisiones de CO2 y consumo de combustible vehicular. *Investigación Tecnológica ISTCT*, 2 (1), 9.
- CHOWDHURY, N., HOSSAIN, C.A., LONGO, M. y YAÏCI, W., 2018. Optimization of solar energy system for the electric vehicle at university campus in Dhaka, Bangladesh. *Energies*, vol. 11, no. 9. [En Línea], 2018 (Bangladesh). ISSN 19961073. DOI 10.3390/en11092433.
- Ruiz, G (2020). *Electrónica básica para ingenieros*. Universidad de Cantabria.
- Concepción M, *Sistemas híbridos avanzados*. USA.
- Trashorras J (2019). *Vehículos eléctricos*. Editorial Paraninfo. España.