

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico Automotriz*

PROYECTO TÉCNICO:

**“MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PARA
BATERÍAS DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL EV”**

AUTORES:

JAYRO MICHAEL ALVARADO OCHOA
ADRIAN ARTURO CHANATASIG BELDUMA

TUTOR:

ING. JUAN DIEGO VALLADOLID, MSc.

CUENCA - ECUADOR

2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Jayro Michael Alvarado Ochoa documento de identificación N° 0105308308 y Adrian Arturo Chanatasig Belduma documento de identificación N° 0707010492, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos primordiales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PARA BATERÍAS DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL EV”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, diciembre del 2019



Jayro Michael Alvarado Ochoa

C.I.: 0105308308



Adrian Arturo Chanatasig Belduma

C.I.: 0707010492

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PARA BATERÍAS DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL EV”**, realizado por Jayro Michael Alvarado Ochoa y Adrian Arturo Chanatasig Belduma, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, diciembre del 2019



Ing. Juan Diego Valladolid Quitoisaca, MSc.

C.I: 0104821210

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Jayro Michael Alvarado Ochoa documento de identificación N° 0105308308 y Adrian Arturo Chanatasig Belduma documento de identificación N° 0707010492, autores del trabajo de titulación: **“MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PARA BATERÍAS DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL EV”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico* es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, diciembre del 2019



Jayro Michael Alvarado Ochoa

C.I.: 0105308308



Adrian Arturo Chanatasig Belduma

C.I.: 0707010492

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias al que me fortaleció, a Cristo Jesús nuestro Señor, porque me mantuvo fiel y no desmayar durante este logro.

Quiero agradecer a mi madre y mis hermanos que fueron mis mayores promotores durante este proceso, en especial a mi madre que con esfuerzo y sacrificio me ha brindado su apoyo incondicional y su confianza durante toda mi carrera.

A mis amigos que durante mi camino hacia el éxito he ido conociendo, momentos gratos que hemos vivido, consejos “sabios” que me han sabido brindar.

A mi universidad, gracias por permitirme formar parte de esta gran comunidad, gracias a todos los docentes que fueron partícipes de este proceso que con sus conocimientos me han formado.

A todos y cada uno de ellos desde lo más profundo de mi corazón les agradezco y deseo éxitos en sus vidas y que sigan siendo personas de bien con esa maravillosa actitud positiva.

Jayro Michael Alvarado Ochoa

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primera instancia a mis Padres, Arturo y Narcisa, por ser los principales promotores de mis sueños y a quienes guardo una gran gratitud por estar involucrados brindándome su apoyo incondicional en todo momento, guiándome siempre por el camino del bien por el cual alcanzo un logro más en el ámbito educativo y crecer como persona.

A mis hermanos Luis, Andreina, Maribel, y Danna, ya que son un pilar fundamental en mi vida, y que han estado conmigo en todo momento compartiendo alegrías y tristezas en el recorrido de nuestras vidas.

Finalmente, pero no menos importante agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría que se han esforzado por ayudarme a llegar hasta este punto de mi vida en el que me encuentro, a nuestro tutor de proyecto de titulación el Ing. Juan Diego Valladolid, que no ha sido sencillo el proceso, pero gracias a las ganas de transmitir su conocimiento y dedicación, he logrado importantes objetivos como culminar el desarrollo de mi tesis con éxito y obtener una afable titulación profesional.

Adrian Arturo Chanatasig Belduma

DEDICATORIA

Dedico este proyecto:

A mi madre, por ser la persona que siempre me ha brindado la confianza y ha sido mi principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, dando todo por verme crecer, apoyándose cada día en todo lo necesario para poder culminar esta meta tan importante en mi vida, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarla cada día más.

Jayro Michael Alvarado Ochoa

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto de titulación:

A mis queridos padres, Arturo y Narcisa, que siempre confiaron en mi durante el desarrollo del proyecto y por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mis hermanos Luis, Andreina, Maribel, y Danna, por su apoyo incondicional y por su paciencia a lo largo de mi vida y de mi carrera.

A toda mi familia y amigos por formar parte de mi vida y estar presente en toda la etapa de mi carrera universitaria.

Adrian Arturo Chanatasig Belduma

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el fin de dar a conocer una nueva tecnología que está ingresando cada vez más en el país, que son los vehículos eléctricos que traen varias ventajas al medio ambiente debido a que no emiten emisiones contaminantes, ya que no necesitan de un combustible fósil para su funcionamiento, son vehículos más silenciosos y el punto más importante a recalcar es su batería de alta tensión.

Los vehículos eléctricos pueden presentar fallas en su batería de alta tensión y para esto se debe realizar su debido mantenimiento, con lo que nace la necesidad del diagnóstico de la batería de alta tensión en los vehículos eléctricos y poder así poder restablecer la batería, sustituyendo las diversas celdas que se encuentren afectadas o en mal estado de la batería previamente analizadas, logrando así correcto funcionamiento de nuevo.

Esto se puede realizar siguiendo un adecuado manual de procedimiento de mantenimiento para que el paquete de batería de alta tensión sea operativo nuevamente.

ABSTRACT

This work was carried out in order to publicize a new technology that is increasingly entering the country, which are electric vehicles that bring several advantages to the environment because they do not emit polluting emissions, since they do not need a Fossil fuel for its operation, they are quieter vehicles and the most important point to emphasize is its high voltage battery.

Electric vehicles can have failures in their high voltage battery and for this they must perform their proper maintenance, which creates the need for diagnosis of the high voltage battery in electric vehicles and thus be able to reset the battery, replacing the several cells that are affected or in poor condition of the battery previously analyzed, thus achieving proper operation again.

This can be done by following an appropriate maintenance procedure manual so that the high voltage battery pack is operational again.

Contenido

INTRODUCCIÓN	19
1. PROBLEMA.....	20
2. OBJETIVOS	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos.....	20
CAPÍTULO I.....	22
1 BASE TEÓRICA DEL PROYECTO.....	22
1.1 INTRODUCCIÓN.....	22
1.2 DESARROLLO.....	22
1.2.1 Proyección de ventas de automóviles eléctricos a nivel mundial.	23
1.2.2 Progreso de la autonomía de automóviles eléctricos.	24
1.2.3 Situación actual del EV en Ecuador.....	25
1.2.4 Modelos de baterías de alta tensión para automóviles eléctricos.....	27
1.2.5 Modelos de conexiones de la batería.....	31
1.2.6 Tipo de mantenimiento aplicado al automóvil eléctrico.	32
1.2.7 Fallas comunes en el paquete de baterías de polímeros de litio.....	42
1.2.8 Provisión.....	44
1.2.9 Procedimiento para desechar las Baterías Modelo de Polímero de Litio.....	44
1.2.10 Acuerdo ministerial de pilas usadas.	44
1.2.11 Duración rentable de la batería en el Kia Soul EV.	44
CAPÍTULO II	46
2 MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PARA LAS BATERÍAS DE ALTO TENSIÓN.....	46
2.1 INTRODUCCIÓN.....	47
2.2 DATOS TÉCNICOS DE LA BATERÍA DE ALTO TENSIÓN DEL KIA SOUL EV.....	47
2.3 ESTRUCTURA DE LA BATERIA DE ALTO TENSIÓN.....	49
2.4 VERIFICACIÓN DEL ESTADO INICIAL DE LA BATERÍA.....	50
2.5 EXTRACCIÓN DEL PAQUETE DE BATERÍA DE ALTA TENSIÓN.....	52
2.5.1 Procedimiento de apagado del alto voltaje.....	52
2.5.2 Desmontaje de la batería de alta tensión.	55

2.5.3	Despiece e identificación de los elementos internos del paquete de baterías de alta tensión.....	58
2.5.4	Desmontaje de los elementos internos.....	61
2.6	COMPROBACIÓN DEL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN.....	66
2.6.1	Comprobación del fusible principal.....	66
2.7	COMPROBACIÓN DEL CABLE DEL TAPÓN DE SEGURIDAD DEL ENCHUFE.....	68
2.8	COMPROBACIÓN DEL PRA.....	68
2.8.1	Comprobación del relé principal.....	69
2.8.2	Comprobación del relé de precarga.....	70
2.8.3	Comprobación del relé del calefactor de la batería de alto voltaje.....	70
2.8.4	Comprobación del resistor de precarga.....	71
2.8.5	Comprobación sensor de corriente.....	71
2.9	COMPROBACIÓN CONECTORES DEL BMS.....	72
2.10	DESARMADO DEL MODULO Y COMPROBACIÓN.....	73
2.10.1	Comprobación de celdas.....	78
2.10.2	Diagrama de flujo para el reciclaje de celdas.....	79
2.11	ARMADO DEL PAQUETE DE BATERÍA DE ALTA TENSIÓN.....	80
2.11.1	Consideraciones para el armado del módulo.....	80
2.12	RECOMENDACIONES GENERALES PARA TRABAJAR CON ALTA TENSIÓN.....	85
2.12.1	Equipo de protección personal (E.P.P).....	86
CAPÍTULO III.....		88
3	VALORES CARACTERÍSTICOS DE CADA UNO DE LOS COMPONENTES DE LA BATERÍA DEL AUTOMÓVIL ELÉCTRICO KIA SOUL PARA LA DETERMINACIÓN DE CRITERIOS TÉCNICOS DE DIAGNÓSTICO.....	88
3.1	INTRODUCCIÓN.....	88
3.2	CARACTERIZACIÓN SISTEMA DE ALTA TENSIÓN.....	88
3.3	CARACTERIZACIÓN DEL CONECTOR C DEL SISTEMA BMS.....	88
3.4	CARACTERIZACIÓN CELDA.....	89
3.5	CARACTERIZACIÓN PRA.....	90
3.5.1	Relé principal.....	91
3.5.2	Relé de precarga.....	91
3.5.3	Relé del calefactor de la batería de alta tensión.....	92

3.5.4	Calefactor del módulo.....	92
3.6	CARACTERIZACIÓN DEL RAD.....	93
	CONCLUSIONES.....	95
	RECOMENDACIONES.....	96
	BIBLIOGRAFÍA.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Automóviles eléctricos en el medio ecuatoriano.	27
Tabla 2: Característica de la batería de ion litio.	28
Tabla 3: Características de las baterías de LiFePO ₄	28
Tabla 4: Características de la batería de modelo Polímero de litio.	29
Tabla 5: Características de la batería ZEBRA.	29
Tabla 6: Características presentes de la batería de aluminio-aire.	30
Tabla 7: Características de la batería modelo de Zinc-Aire.	30
Tabla 8: Datos de fabricante del motor eléctrico Kia Soul EV.	36
Tabla 9 : Tabla de componentes que se realizan mantenimiento correctivo.	41
Tabla 10: Especificaciones de ficha técnica la batería de alta tensión del Kia Soul EV.	48
Tabla 11: Nomenclatura de elementos dentro del paquete de baterías.	48
Tabla 12: Tabla de torques de apriete de los pernos/tuercas para la sujeción de elementos del paquete de batería.	81
Tabla 13: Descripción del equipo personal para la realización del trabajo.	86
Tabla 14: Valores del sistema de alta tensión	88
Tabla 15. Conexión BMS.	89
Tabla 16: Valores característicos de celda	90
Tabla 17: Valores característicos del relé principal.	91
Tabla 18: Valores del relé de precarga.	91
Tabla 19: Valores del resistor de precarga.	92
Tabla 20: Valores del relé del calefactor de precarga.	92
Tabla 21: Valores del sensor de temperatura del calefactor.	93
Tabla 22: Calefactor del módulo de 14 celdas.	93
Tabla 23: Calefactor del módulo de 10 celdas.	93
Tabla 24: Valores de RAD.	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Auge de ventas de automóviles eléctrico en diferentes territorios.	23
Figura 2: Proyección de ventas de automóviles eléctrico a nivel mundial desde 2015-2040.....	23
Figura 3: Proyección del costo de estimación de la batería alta tensión.....	24
Figura 4: Comercio de automóviles eléctricos.....	26
Figura 5: Esquema de conexión en serie.....	31
Figura 6: Esquema de conexión en paralelo..	32
Figura 7: Esquema de conexión mixta (serie/paralelo).....	32
Figura 8: Prevención de seguridad de corte de alto tensión (interruptor Jumper).....	33
Figura 9: Elementos primordiales del automóvil eléctrico.....	34
Figura 10: Bloque de unión de alto tensión	34
Figura 11: Cargador a bordo OBC.....	35
Figura 12: Motor Eléctrico.....	36
Figura 13: Engranaje reductor que se presenta en Kia Soul EV.....	36
Figura 14: Paquete de batería de alta tensión.....	37
Figura 15: Disposición de la batería en el automóvil.	38
Figura 16: Paquete de batería de alta tensión Kia Soul EV.....	38
Figura 17: Constitución de la batería.....	39
Figura 18: Calefactores de cada módulo.....	40
Figura 19: Módulo.	40
Figura 20: Esquema de degradación de polímeros de litio.....	43
Figura 21: Estructura de la batería de alto tensión.....	49
Figura 22: Tensión de celdas del automóvil Kia Soul.	52
Figura 23: Pasos de desconexión del interruptor de seguridad (Jumper) de la batería de alta tensión.	53
Figura 24 Interruptor de seguridad.....	53
Figura 25: Desmontaje de cubierta inferior delantera de la batería de alta tensión.....	54
Figura 26: Desmontaje del cable de alto voltaje.....	54
Figura 27: Obtención del voltaje en el inversor.....	55
Figura 28: Conector BMS.....	55

Figura 29 Ubicación de los cables de masa.	56
Figura 30: Cable de masa de la batería de alta tensión..	56
Figura 31: Mesa de elevación para desmontaje de batería.	57
Figura 32: Sitio de los pernos de sujeción del conjunto de batería de alta tensión.....	57
Figura 33: Paquete de batería de alta tensión.....	58
Figura 34: Sistema de batería de alta tensión.....	59
Figura 35: Pernos de sujeción del interruptor de seguridad.....	59
Figura 36: Tapa superior del paquete de batería.	60
Figura 37: Paquete de batería de alta tensión.....	61
Figura 38: Conexiones RAD de la batería..	62
Figura 39. Conducto del sistema de refrigeración.	62
Figura 40: Cubierta del cable de alimentación.	63
Figura 41: Conjunto PRA..	63
Figura 42: Conectores del BMS.....	64
Figura 43: ECU BMS del sistema.....	64
Figura 44: Conector de interbloqueo.	64
Figura 45: Cable del tapón de seguridad.....	65
Figura 46: Pack de batería de alta tensión extraído un módulo..	65
Figura 47. Diagrama de medición de resistencia del fusible.	66
Figura 48. Desmontaje caja de fusibles.....	67
Figura 49. Medición de la resistencia del fusible.....	67
Figura 50: Comprobación del cable del enchufe de seguridad..	68
Figura 51: Elementos del PRA.	69
Figura 52: Comprobación relé principal.	69
Figura 53: Comprobación del relé de precarga.....	70
Figura 54: Comprobación del relé del calefactor.	70
Figura 55: Resistencia de precarga.	71
Figura 56: Sensor de corriente.	71
Figura 57: Diagrama de conexión BMS.....	72
Figura 58: (a) Conector C del sistema BMS y (b) Conector de entrada al módulo #4.....	73
Figura 59: Circuito del módulo.....	74

Figura 60: Calefactor del módulo de batería.....	74
Figura 61: Comprobación del calefactor.....	75
Figura 62: Extracción de fusibles módulo.	75
Figura 63: Pernos de sujeción celdas.	76
Figura 64: Placa del módulo de la batería.....	76
Figura 65. Comprobación de placa del módulo.	77
Figura 66: Celdas del módulo de la batería	77
Figura 67: Comprobación de celda.	78
Figura 68: Celda con corrosión.....	78
Figura 69: Diagrama de flujo de reciclaje de celdas.....	79
Figura 70: Esquema módulo batería	80
Figura 71: Celdas del módulo de batería	81
Figura 72: Soldadura de placa.....	82
Figura 73: Comprobación de placa.....	82
Figura 74: Pack de batería sin el módulo 4.....	83
Figura 75: Posición del RAD.....	83
Figura 76: Conexión sensores del módulo.....	84
Figura 77: Comprobación de tensión.....	84
Figura 78 Cableado de alta tensión color naranja	85
Figura 79: Circuito del PRA.	90

LISTA DE ACRÓNIMOS

- GIIT.** – Grupo de Investigación en Ingeniería del Transporte.
- BNEF.** – Bloomberg New Energy Finance.
- EV1 Gen I.** – Electric Vehicle 1 Generation I.
- EV.** – Electric Vehicle.
- V.** – Voltaje.
- A.** – Amperios.
- W.-** Watt.
- Ω .** – Ohmio.
- NiCd.** – Níquel – Cadmio.
- NiMH.** – Níquel – Hidruro Metálico.
- LiCoO₂.**- Ion litio.
- LiFePO₄.** – Litio-Ferrofosfato.
- OBC.** – On Board Charge.
- LDC.** – Low Voltage DC-DC Converter.
- Ah.** – Amperios/hora.
- mV.** – milivoltios.
- DTC.** – Dynamic Traction Control (Control Dinámico de Tracción).
- OBD.** – On Board Diagnostics.
- PRA.** – Power Relay Assembly (Ensamblaje de relé de alimentación).
- BMS.** – Battery Management System (Sistema de gestión de la batería).
- QRA.** – Quick Charge Relay Assembly (Ensamblaje de relé de carga rápida).
- RAD.** – Runway Arresting Device (Dispositivo de detección de pista).
- EPP.** – Equipo de Protección Personal.

INTRODUCCIÓN

La evolución tecnológica en el campo automotriz ha entregado un cambio sustancial en la vida cotidiana de las personas, gracias a esto el hoy en día contamos con automóviles eléctricos cuyo funcionamiento está dado por un motor eléctrico, sistema de carga y baterías. Lo que ha provocado aprender de su mantenimiento en uno de sus elementos más importantes que es la batería de alta tensión dado que dispone de una duración rentable limitada y pueden fallar antes de lo esperado.

La batería de alta tensión del automóvil eléctrico Kia Soul que dispone el grupo EmoLab, carece de esta información, debido a que no existe argumentos claros de su aspecto y peculiaridades de los elementos internos.

El propósito del mantenimiento es prolongar el funcionamiento de la batería, para todo ello se requiere un manual donde exista el proceso de mantenimiento, necesariamente para el mantenimiento se debe empezar con la extracción del paquete de baterías de alto tensión.

Posteriormente se desarrolla una base de información técnica, mediante la descripción de sus elementos internos, para determinar los principios de su funcionamiento, señalando la cantidad de módulos, celdas (células), sensores y controlador encargado del funcionamiento.

Luego se procede con el desarrollo del manual de procedimiento de manteniendo de la batería del automóvil eléctrico, empezando con la verificación del estado inicial de la batería para el desmontaje de los elementos internos y realizar sus debidas comprobaciones para determinar qué tipo de mantenimiento se aplica.

Finalmente se presentará en tablas los valores característicos que se obtiene de cada uno de los elementos internos de la batería, para criterios técnicos de diagnóstico de mantenimiento.

Para el desarrollo de manera didáctica de este proceso del proyecto se mantuvo en cuenta los criterios de seguridad personal, debido que se trabaja con batería de alto tensión.

1. PROBLEMA

Considerando el ingreso de nuevas tecnologías de movilidad al país como es el tema de los automóviles eléctricos, el Ministerio Coordinador de la Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC), desde el 2014, viene regularizando el desarrollo de introducción del automóvil eléctrico y en un futuro a la producción dentro del país (Pedro Xavier, 2018). A falta de información al proceso de mantenimiento para las baterías de automóviles eléctricos, implica la falta de conocimiento técnico y limitaciones a profesionales en esta área de la mecánica automotriz. Esto ha generado en la sociedad una no muy buena acogida del adecuado funcionamiento del automóvil eléctrico ya que no es una información que se divulgue con facilidad a nivel nacional, motivo al cual da una falta de interés a la permanencia de esta tecnología en nuestro medio. Además, no existe información sobre el mantenimiento de sus componentes internos de la batería de alto tensión, puesta que la información del mismo es limitada por su casa comercial.

El Grupo de Investigación en Ingeniería del Transporte (GIIT), se halla en la misión de mantenerse a la par con lo que respecta a metodologías de mantenimiento del automóvil eléctrico KIA SOUL EV, el cual este proyecto tendrá como una base de información para su utilización.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

- Desarrollar un manual de procedimiento de mantenimiento de las baterías del automóvil eléctrico KIA SOUL EV mediante un análisis descriptivo y técnico que indique cuales son los procesos que se desarrollan para la adquisición de conocimientos técnicos.

Objetivos Específicos

- Analizar la información disponible de las actividades de mantenimiento de baterías del automóvil eléctrico Kia Soul para definir de forma técnica el proceso de mantenimiento de las baterías mediante la caracterización de partes.
- Generar el manual de procedimiento de mantenimiento para las baterías de alto tensión mediante la realización de esquemas y diagramas.

- Establecer valores característicos de cada uno de los componentes de la batería del automóvil eléctrico Kia Soul para la determinación de criterios técnicos de diagnóstico.

CAPÍTULO I

1 BASE TEÓRICA DEL PROYECTO.

1.1 INTRODUCCIÓN.

El presente capítulo se realiza una base de información técnica relación al funcionamiento de las baterías que utiliza el automóvil Kia Soul eléctrico. La información recolectada de este sistema servirá para el desarrollo de forma detallada el proceso adecuado de mantenimiento de las baterías del automóvil eléctrico.

Por lo que se crea la necesidad de realizar este estudio, para alargar la duración de las baterías mediante el balance de los módulos y lograr así que los técnicos tengan un conocimiento de este proceso, ya que tendrán un respaldo de que las baterías no deberán ser cambiadas obligatoriamente cada vez que presenten un tipo de fallo, sino que tendrán la seguridad de las baterías puedan durar por más tiempo.

1.2 DESARROLLO.

Los automóviles eléctricos no pueden ser tomados en consideración como una creación actual, puesto que en realidad estos ya fueron creado desde antes de los automóviles propulsados por Diesel y Gasolina. Durante los años de 1832 y 1839, Robert Anderson elaboro el primer automóvil puramente eléctrico.

El avance del mercado a nivel mundial del automóvil eléctrico sigue una preferencia frecuente a la implementación de las nuevas tecnologías, con desigualdades a su inicio, pero con una indudable preferencia ascendente a un extendido plazo (Arnaiz, 2015).

Donde podemos destacar los primordiales países, que se concentra el mayor auge de ventas de automóviles eléctricos, son: China, Estados Unidos y Noruega. Siendo China como uno de los países con alta cifra en ventas de automóviles eléctricos, alcanzando a figurar el 40% de estas ventas alrededor del mundo (Guido Javier & Leonardo Vinicio, 2018), como se logra divisar en la figura 1:

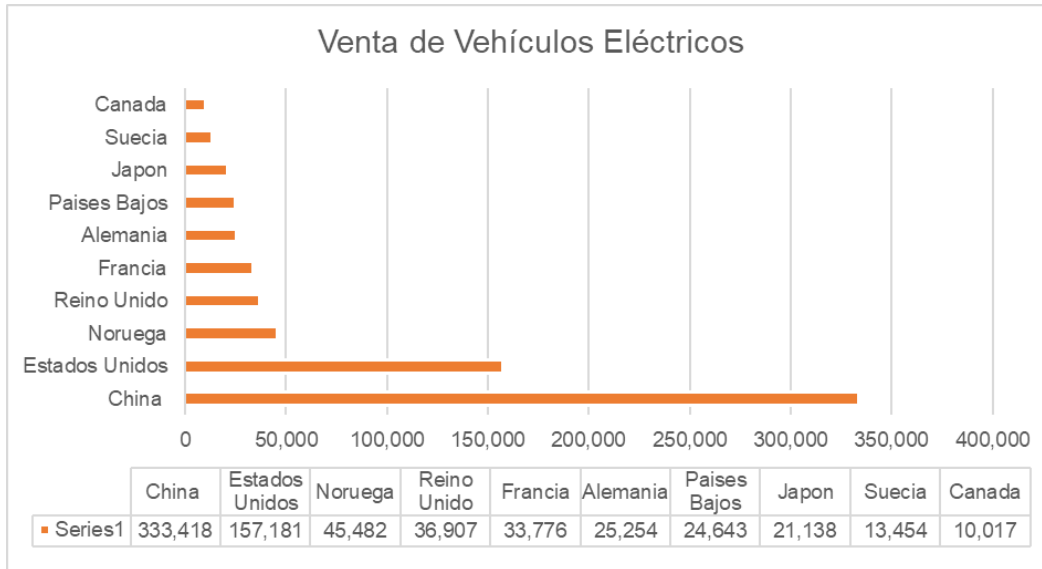


Figura 1: Auge de ventas de automóviles eléctrico en diferentes territorios. **Fuente:** Autores

1.2.1 Proyección de ventas de automóviles eléctricos a nivel mundial.

La venta y adquisición de automóviles eléctricos a nivel mundial será notable, según el estudio generado de proyección del mercado de los automóviles eléctricos por Bloomberg New Energy Finance (BNEF), nos indica que para el año 2040, los automóviles eléctricos en futuro tendrán un costo de 22.000\$ estando de acuerdo con el estudio de proyección. En tanto el 35% de los automóviles eléctricos en todo el mundo tendrán un enchufe para su recarga, esta proyección se logra divisar en la figura 2 (Guido Javier & Leonardo Vinicio, 2018).

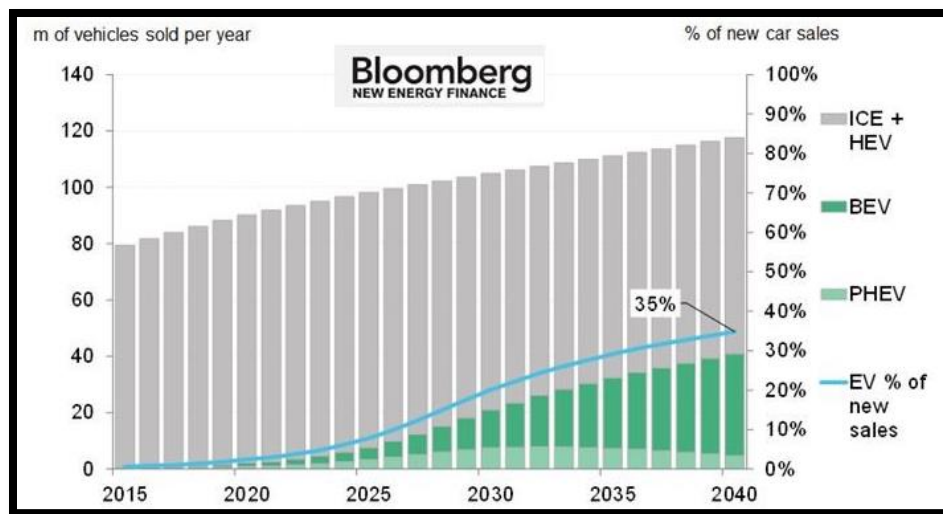


Figura 2: Proyección de ventas de automóviles eléctrico a nivel mundial desde 2015-2040. **Fuente:** (Randall, 2016)

Según (Randall, 2016) serán vendidos para el año 2040 en el mundo 41 millones de automóviles eléctricos por año, otro punto importante que destaca es la reducción del precio de la unidad debido a que la batería tendría un menor costo como se logra divisar en la figura 3 de proyección.

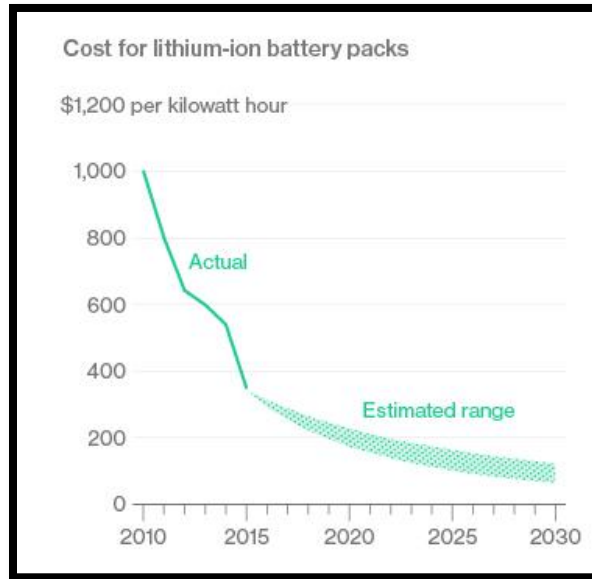


Figura 3: Proyección del costo de estimación de la batería alta tensión. Fuente: (Randall, 2016)

1.2.2 Progreso de la autonomía de automóviles eléctricos.

La autonomía de un automóvil eléctrico está claramente conexas con el funcionamiento de las baterías de alta tensión. Los primeros prototipos de automóviles eléctricos no sobrepasaban la velocidad de 20 km/h y sostenían una autonomía limitada hasta 50 km.

Con el transcurso del tiempo se fue tendiendo diversos modelos de automóviles eléctricos como: La Jamais Contente desarrollado en el año de 1899 que conseguía un récord de velocidad al superar los 100km/h como automóvil eléctrico. Este fue un inicio muy emotivo para este progreso, el automóvil eléctrico no aplazaría en afrontar otras delimitaciones tecnológicas como: exigua autonomía y la recarga con tiempos muy largos. Por un periodo de tiempo se restó la importancia al desarrollo del automóvil eléctrico por el éxito que tuvo el motor de combustión interna.

Sin embargo en el año de 1959 se comercializó el modelo Henney Kilowatt, el cual fue precursor de los automóviles eléctricos modernos con una autonomía de 64 km, Peugeot y Renault en el año de 1980, presentaron sus modelos mejorados como el Peugeot 205 y el Renault Express,

estos estuvieron provistos con baterías de níquel-hierro, la autonomía de 140 km y la velocidad límite de 100 km/h. Toyota opto por utilizar las baterías de zinc-bromo para uno de sus modelo como es el Toyota EV-30, mientras que Mercedes-Benz realizaba pruebas con diversos modelos de baterías como son; de sal fundida y de sulfuro de sodio. En el año de 1996 General Motors creó una mejor versión del automóvil eléctrico denominado EV1 Gen I con una autonomía de 113 a 161 km por carga.

A principios del siglo XXI las baterías favorables para los automóviles eléctricos aún continuaban existiendo a favor de los materiales como el níquel o plomo, vinculado con las baterías de NiCd (níquel-cadmio) y NiMH (níquel-hidruro metálico) con excelentes expectativas. Otra gran creación tecnológica que dio paso a la nueva evolución en el desarrollo del automóvil eléctrico fue batería de litio, las cuales han conseguido aumentar la autonomía en un rango de 150 km hasta los 300 km y se siguen utilizando en la actualidad (Giovanny Javier, 2016).

1.2.3 Situación actual del EV en Ecuador.

La empresa Kia Motors presentó su primer modelo de automóvil eléctrico en la feria del automóvil en febrero del 2014, dando así a exhibir al mercado ecuatoriano su nuevo Kia Soul EV (Juanpach, 2015). El automóvil llegó para marcar el inicio del conocimiento en torno a los beneficios de la comunidad, estilo y aporte al medio ambiente.

Según (Ecuador, 2019) se ha observado desde el año 2016 la circulación de 337 automóviles eléctricos dentro del país; a los cuales pertenece una flota de taxis de 20 automóviles Kia Soul EV en la urbe de Loja desde 2017, observando el tiempo de uso buscaran la necesidad del mantenimiento en sus baterías. Se logra divisar en la figura 4 la demanda de automóviles eléctricos dentro del país ir en aumento.

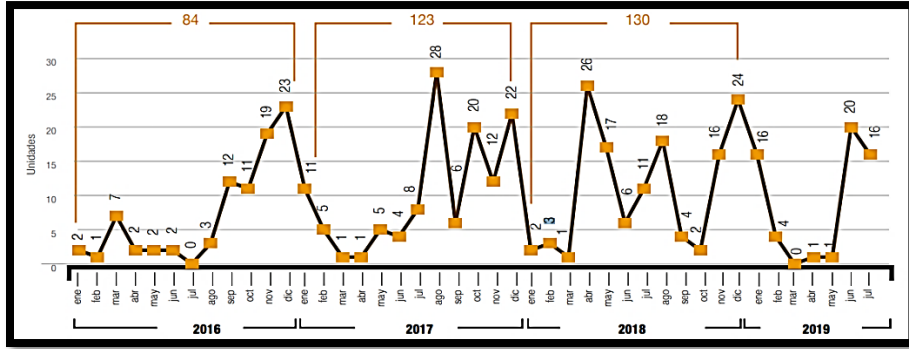






Figura 4: Comercio de automóviles eléctricos. **Fuente:** (Ecuador, 2019)

Uno de los beneficios de los automóviles eléctrico se genera en que el costo de utilidad a conductores, por lo que deberán pagar por la electricidad consumida para cargarlos la cual será menor a lo que se gasta en la actualidad por comprar carburante.

A nivel nacional existen pocos fabricantes reconocidos que comercializan los automóviles eléctricos, la razón más lógica de este motivo puede ser el poco interés de parte de la comunidad ecuatoriana, por ende, se tiene a disposición pocos modelos de uso completamente eléctrico.

Seis modelos de automóviles 100% eléctricos se encuentran disponibles en el Ecuador. Los fabricantes disponibles en el mercado son Renault, Nissan, BYD Auto, Mitsubishi y Kia.

Tabla 1: Automóviles eléctricos en el medio ecuatoriano.

Fabricante	Modelo	Imagen
Renault	Twizy	
Nissan	Leaf	
BYD Auto	e5	
Mitsubishi	i-MiEV	
KIA	SOUL	

Fuente: Autores.

1.2.4 Modelos de baterías de alta tensión para automóviles eléctricos.

A nivel mundial en la actualidad están existiendo diferentes modelos de baterías, que se describen principalmente por sus diferentes componentes de manera interna como externa, por lo cual cada conjunto tiene su única combinación con el propósito de determinar su autonomía.

- **Baterías de Ion litio (LiCoO₂).**

En la actualidad, este modelo de batería son las que contiene mayores ventas en el mercado, su composición es, por electrolito de sal y los electrodos que pueden ser de; elementos de cobalto, litio y sin omitir el óxido, son los que permiten generar la energía con una eficacia alta. Se ha

posicionado para mejorar el desempeño en el automóvil eléctrico, también suelen encontrarse en diversos artefactos electrónicos que requieren tener descargas muy bruscas, por ejemplo, los teléfonos celulares, computadoras portátiles, etc. (Pizarro Zambrano & Tinoco Carrion, 2019).

Tabla 2: Característica de la batería de ion litio.

Características de las baterías de ion litio
<ul style="list-style-type: none"> • Ostentan un sistema de seguridad para los voltajes existentes como mínimos y máximos para celda. • Carece del efecto memoria. • Duración rentable de 400-1200 de períodos de carga y descarga. • Descarga automáticamente del 25% habitual. • Eficacia potente del 90%.

Fuente: Autores.

- **Baterías de LiFePO4.**

Este tipo de baterías es semejante al LiCoO₂, con la gran diferencia de que este modelo de batería no utiliza cobalto, esto les permite mantener alta seguridad y un alto nivel de estabilidad para su uso. Se puede encontrar la ventaja que permite la durabilidad de la batería y por consecuencia una mayor potencia. El inconveniente que se logra encontrar es una menor densidad energética y un elevado precio de producción (Pizarro Zambrano & Tinoco Carrion, 2019) (Maurad Yubi & Armijos Illescas, 2018).

Tabla 3: Características de las baterías de LiFePO4.

Características de las baterías de LiFePO4
<ul style="list-style-type: none"> • No tiene efecto memoria. • Durabilidad rentable de 2000 de periodos de carga y descarga. • Descarga automáticamente del 10% habitual. • Eficacia potente del 90%.

Fuente: Autores.

- **Baterías de Polímero de litio.**

Este modelo de baterías se considera la evolución de la batería de Ion Litio que se logra encontrar mejoras como es, mayor consistencia energética y la elevada potencia. Son ultralivianas,

eficientes y no tienen presente el efecto memoria, como desventaja se encuentra el elevado costo de fabricación y poco período de vida (Pizarro Zambrano & Tinoco Carrion, 2019).

Tabla 4: Características de la batería de modelo Polímero de litio.

Características de la batería de modelo Polímero de litio.
<ul style="list-style-type: none"> • Confirmadas por unidades de 10 o 14 celdas unidas en serie. • Forma de carga típica aproximada de 6-8h • Eficacia potente 90%. • Durabilidad rentable de 1000 periodos de carga y descarga.

Fuente: Autores.

- **Batería ZEBRA.**

Este modelo de baterías es conocido popularmente por el nombre de sal fundida, tiene un desempeño de trabajo a una temperatura de 250 °C y está compuesto con electrolito, cloro aluminato de sodio triturado. Es considerada un modelo complejo y que presenta un mayor contenido químico, con lo que se llega a conseguir atribuciones de potencia y energía excepcionales.

Durante su permanencia en estado de reposo, el electrolito suele endurecerse, consiguientemente, para lograr su temperatura ideal y ofrecer de nuevo su carga completa, se necesita un determinado tiempo de fundición. Contiene una excelente durabilidad en comparación a otras baterías, pero tiene su desventaja de ocupar demasiado espacio y un desarrollo de potencia baja (Pizarro Zambrano & Tinoco Carrion, 2019).

Tabla 5: Características de la batería ZEBRA.

Características de la batería ZEBRA.
<ul style="list-style-type: none"> • Las celdas no tienen mantenimiento, están selladas y sin fuga. • Exceso en precio de fabricación. • Voltaje de operación 600V. • Sin Descarga automáticamente. • Eficacia potente 92.5%. • Durabilidad rentable de 1000 periodos de carga y descarga.

Fuente: Autores.

- **Batería de aluminio-aire.**

Conocidas popularmente con el apodo de “pilas de combustible”, por la sustitución de los electrodos de acero que ya han cumplido su ciclo de vida por unos nuevos. Tiene una capacidad elevada para contener energía de hasta 10 veces cotejadas con las de Ion-Litio, además no se compara su consistencia energética con otros modelos de baterías, no han generado buena aceptación en el mercado a pesar de sus buenas características debido, a que presentan problemas para realizar la recarga adecuada.

Aún se encuentra en la etapa de experimento, no obstante, este modelo de batería puede proveer una autonomía máxima de 700 km en un automóvil eléctrico (Maurad Yubi & Armijos Illescas, 2018).

Tabla 6: Características presentes de la batería de aluminio-aire.

Características presentes de la batería de aluminio-aire
<ul style="list-style-type: none"> • Poseen; un ánodo de aluminio y un cátodo de oxígeno. • Reciclable. • Mayor seguridad (no inflamable), • Eficacia potente 90%. • Durabilidad rentable de 200 periodos de carga y descarga.

Fuente: Autores.

- **Batería de Zinc-Aire.**

Este modelo de batería todavía se halla en fase perfeccionamiento, pero tiene superior tecnología presente que el modelo de baterías de aluminio-aire, para generar corriente esta batería la función es extraer el oxígeno presente en la atmosfera. Sus particularidades principales son: potencial energético elevado, buena fiabilidad y con la capacidad de almacenar 3 veces más energía que el modelo de Ion-Litio (Pizarro Zambrano & Tinoco Carrion, 2019). Según lo señalado se logra decir que este modelo de batería se logra posicionar como el carburante eléctrico del futuro.

Tabla 7: Características de la batería modelo de Zinc-Aire.

Características de la batería modelo de Zinc-Aire
<ul style="list-style-type: none"> • Poseen; un ánodo de aluminio y un cátodo de oxígeno.

- Reciclable.
- Mayor seguridad (no inflamable),
- Eficacia potente 90%.
- Durabilidad rentable de 200 periodos de carga y descarga.

Fuente: Autores.

1.2.5 Modelos de conexiones de la batería.

Para que la batería de un automóvil eléctrico logre establecer su tensión o corriente nominal, regularmente se unirán sus celdas en serie, paralelo o mixta (serie/paralelo), al realizar este tipo de conexión obtienen particularidades su tensión y amperaje final de la batería.

- **Conexión en serie.**

Es la unión en secuencia de varias celdas dentro del paquete de baterías, el terminal de conexión positivo de una celda acoplada con el terminal negativo de la siguiente y así continuamente. Con esto se logra que las celdas de la batería sumen su tensión y su corriente sea la que contenga el menor amperaje o se mantenga la misma como se logra divisar en la figura 5 (Saavedra Guarderas & Sibri Lazo, 2018).

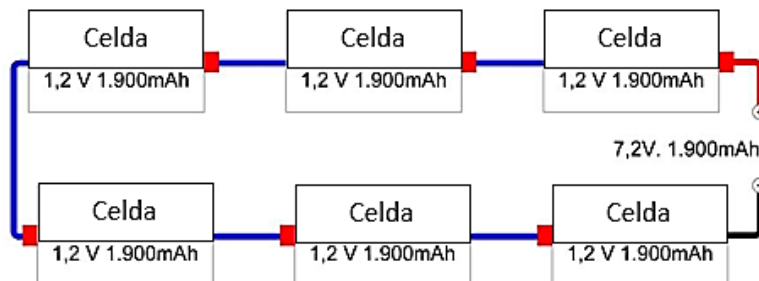


Figura 5: Esquema de conexión en serie. Fuente: Autores.

- **Conexión en paralelo.**

Es la unión del terminal positivo de todas las celdas de la batería y de la misma manera para todos sus terminales negativos. Esto genera a que las celdas de la batería en organizadas en conjunto sumen su amperaje y su tensión sea la misma como se logra divisar en la figura 6 (Saavedra Guarderas & Sibri Lazo, 2018).

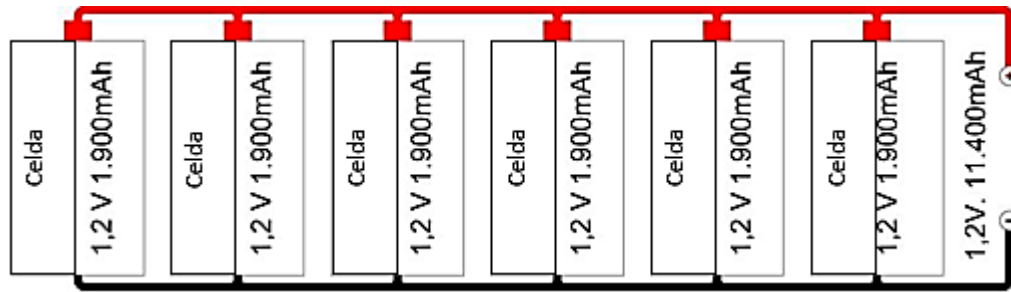


Figura 6: Esquema de conexión en paralelo. Fuente: Autores.

- **Conexión mixta (serie/paralelo).**

Este tipo de conexión es el más complejo, pero muy versátil, puesto podemos combinar las celdas de la batería en un conjunto, logrado que aumente su tensión y su amperaje, para adquirir una mayor potencia (Saavedra Guarderas & Sibri Lazo, 2018).

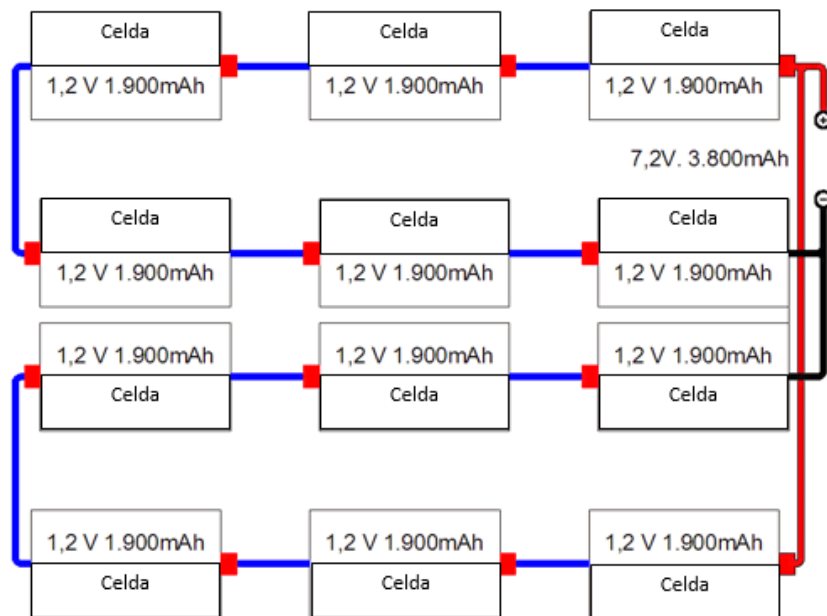


Figura 7: Esquema de conexión mixta (serie/paralelo). Fuente: Autores.

1.2.6 Tipo de mantenimiento aplicado al automóvil eléctrico.

Dado que a nivel nacional dentro de los centros de reparación vehicular se opta por realizar el mantenimiento preventivo y correctivo, por motivo del poco interés que presentan los consumidores en conjunto a la escasa información de mantenimiento del automóvil eléctrico. Se ha optado por presentar los dos tipos de mantenimiento de manera didáctica. La batería

constituye uno de los elementos principales en el automóvil, por su continuo trabajo de contribución al sistema.

- **Mantenimiento preventivo.**

El mantenimiento preventivo es un proceso programado de control, tanto de trabajo mecánico como de seguridad, limpieza, engrase, calibración que se deben realizar de forma habitual a un plan establecido; El objetivo es prevenir averías antes de que las mismas generen los fallos críticos en el funcionamiento. (Jorge Pavel & Leonardo Gabriel, 2010)

En lo que respecta el automóvil eléctrico se logra observar que aún existen componentes puramente mecánicos, como son; sistema de frenos, sistema de dirección, sistema de suspensión, etc., no obstante son componentes que no suelen proporcionar demasiadas averías y basta con un proceso de mantenimiento preventivo para conservarlos.

Una de las importantes tareas de las revisiones preventiva de los automóviles eléctricos es comprobar el aislamiento eléctrico de todos los cables, baterías y motor. Esto exige el uso de equipos de protección propia, dispositivos de diagnóstico, herramientas aisladas, etc. Lo primero que hacen cuando un automóvil ingresa al taller, es el proceso de corte de corriente de la batería de alta tensión del automóvil. (Rubén, 2018)



Figura 8: Prevención de seguridad de corte de alto tensión (interruptor Jumper). Fuente: Autores.

Cuando se trata de los sistemas eléctrico y electrónicos el escenario es distinto, tal es el tema de los elementos primordiales siguientes:

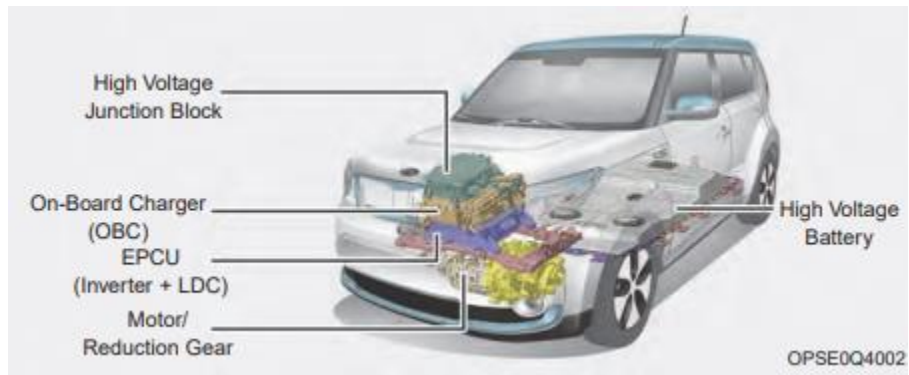


Figura 9: Elementos primordiales del automóvil eléctrico. Fuente: Kia, 2018.

- **High Voltage Junction Block** (Bloque de unión de alto tensión):

Elemento encargado de proveer energía desde la batería a la alta tensión al inversor.



Figura 10: Bloque de unión de alto tensión Fuente: Autores.

- **On-Board Charger (OBC)** (Cargador a bordo):

Es un elemento externo para recargar la batería de alta tensión, con un tiempo de carga aproximadamente de 8 horas.



Figura 11: Cargador a bordo OBC. Fuente: Kia ,2018.

- **LDC (Low Voltage DC-DC Converter):**

Convierte la tensión que contiene la batería de 360 V a bajo tensión de 12 V, de esta manera suministra electricidad al automóvil.

- **Inversor:**

Encargado de realizar el proceso de conversión de corriente continua en corriente alterna para lograr suministrar energía al motor eléctrico, además de realizar otro proceso como, el convertir la corriente alterna en corriente continua para lograr recargar la batería de alta tensión.

- **Motor eléctrico:**

Usa la energía que entrega el paquete de baterías de alto tensión para que funcione el automóvil. El motor eléctrico que contiene el automóvil Kia Soul EV, realiza su funcionamiento por medio de un motor de imanes permanentes, que aprovechan la energía eléctrica y la transforma en energía mecánica con un par y potencia determinada como lo indicada en la tabla 8.

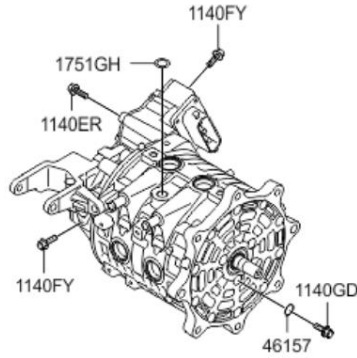


Figura 12: Motor Eléctrico. **Fuente:** Kia, 2018.

Tabla 8: Datos de fabricante del motor eléctrico Kia Soul EV.

DEFINICIÓN	DATOS
FUERZA	81.4 KW
TORQUE MÁXIMO	285 Nm

Fuente: (Armijos & Maurad, 2018).

- **Reducción Gear** (Engranaje reductor):

Es el encargado de recibir la potencia y par generado por el motor eléctrico para transmitir el movimiento a las ruedas que ofrece dar una conciliación de la velocidad y par motor que logran ser transmitidas.



Figura 13: Engranaje reductor que se presenta en Kia Soul EV. **Fuente:** Kia, 2018.

- **High Voltage Battery** (Batería de alto tensión):

Encargado de acumular y proveer la energía de salida para el motor eléctrico siendo necesaria para que el automóvil eléctrico funcione (la batería auxiliar de 12 V proporciona energía a las características del automóvil, como luces, radio, etc.).



Figura 14: Paquete de batería de alta tensión. Fuente: Autores.

- **Características de la batería de alta tensión del Kia Soul EV:**

El Kia Soul Eléctrico tiene consigo un conjunto de baterías de alta tensión modelo polímero de iones de litio, el cual se desarrolló para aumentar el estado de rango para la conducción, teniendo como resultado una batería delgada y eficaz, a su vez más liviana, segura y con mayor tiempo de duración durante su funcionamiento. La batería está situada de una forma estratégica para aprovechar el espacio debajo del chasis del automóvil como se puede ver en la figura 15, ofreciendo más espacio en el interior del habitáculo y un centro de gravedad bajo para una mejor maniobrabilidad (Pedro Xavier, 2018).



Figura 15: Disposición de la batería en el automóvil. Fuente: Autores.

El conjunto de baterías está compuesto por 96 celdas con modelo de polímero de iones de litio otorgadas por SK Innovation ya que es una empresa que emplea el desarrollo de las baterías eléctricas en Kia. Este conjunto de baterías tiene una densidad de energía de 200 KWh/kg, es el resultado del desarrollo tecnológico de tres años de existencia entre Kia Motors Corporation y SK Innovation en Corea (Pedro Xavier, 2018).



Figura 16: Paquete de batería de alta tensión Kia Soul EV. Fuente: Autores.

Los ingenieros de Kia han desarrollado un conjunto de baterías que generan 27kWh de potencia que consta de 96 celdas con modelo de polímero de iones de litio agrupadas en 8 módulos que están conformadas por paquetes de 10 y 14 celdas (células) cada módulo.

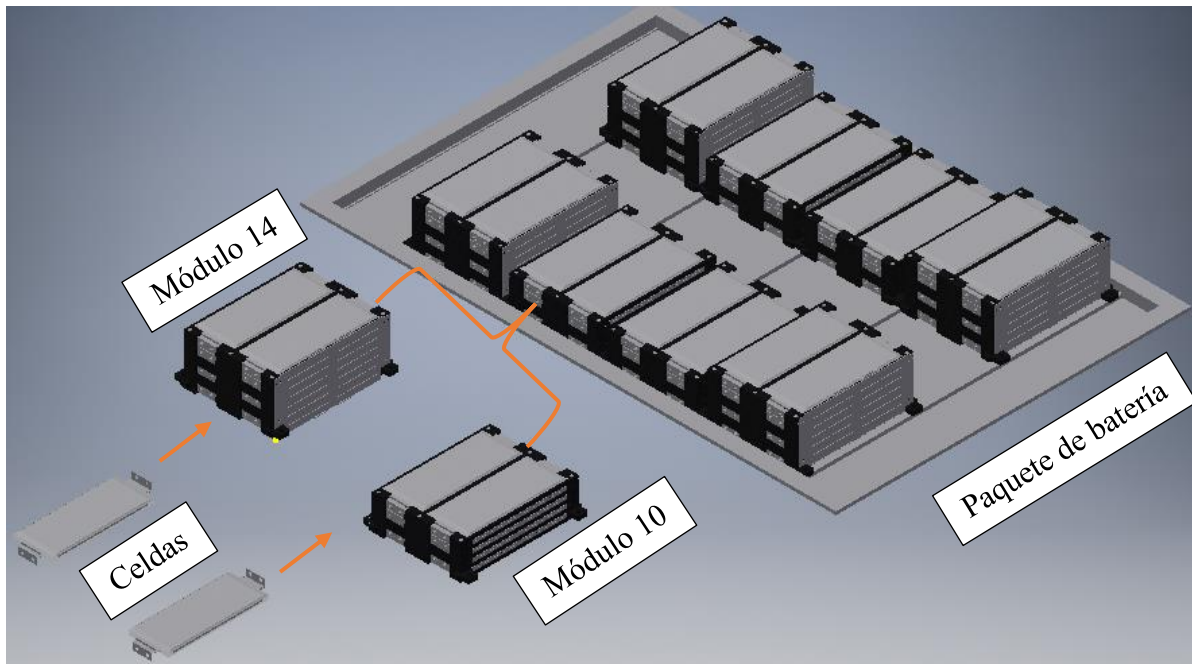


Figura 17: Constitución de la batería. Fuente: Autores.

- **Celda de batería.**
 - Da lugar a un suministro directamente de corriente eléctrica de un circuito externo.
 - Cada una de las celdas previstas presentan una tensión nominal de 3,75 voltios.
- **Módulo de batería.**
 - Es la estructura de elementos, se ubican en cantidad a fin de hacerla más sencilla.
 - Constituida dentro del paquete de batería por 10 y 14 celdas con el modelo de conexión en serie.
 - Contiene un sensor de temperatura, para que realice el control de temperatura del módulo.

El conjunto de baterías tiene incorporado un sensor de control térmico (calefactor) para mantener cada módulo individual a una temperatura adecuada de funcionamiento, con un diseño estructural que mejora su resistencia a los diferentes golpes que se puede generar y ubicados de forma estratégica en los laterales del módulo.

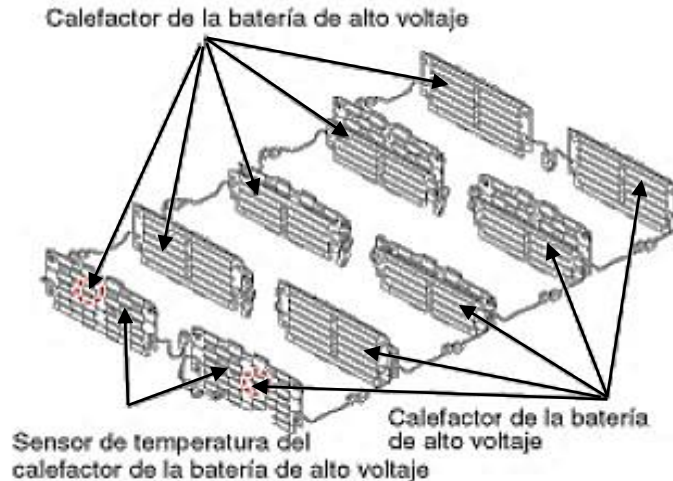


Figura 18: Calefactores de cada módulo. **Fuente:** Kia, 2018.

Un de los elementos que se emplea en el módulo del paquete de baterías es un separador de seguridad entre cada celda de la estructura del módulo de la batería del Kia Soul EV; el separador estipula la seguridad y la velocidad de carga-descarga de la batería. Los separadores son elemento de protección contra exceso de temperatura de cada celda que pueden provocar un desgaste de la batería del automóvil. La batería, está formada con electrolitos de gel en lugar de líquidos, se diseñó de esta manera para la seguridad del módulo e influye un mayor flujo de iones de litio, lo que permite una transferencia de energía más eficiente de la batería. Esta batería también lleva consigo un conjunto de fusibles ubicados en cada módulo para la línea de detección de tensión de cada una de las celdas que están hechas, lo que permite proteger el sistema (Pedro Xavier, 2018).

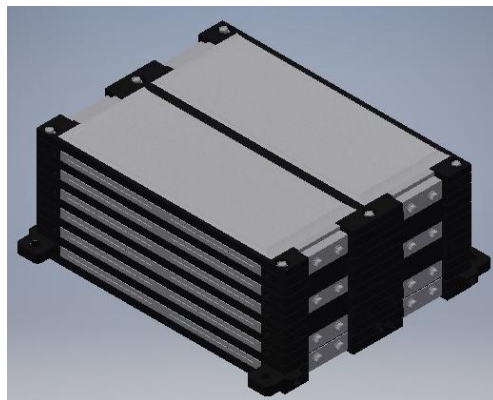


Figura 19: Módulo. **Fuente:** Autores.

El electrolito que está utilizando el Kia Soul Eléctrico tiene la misión de impedir la degradación del rendimiento que contiene la batería a temperatura baja y alta, lo que mejora el rango de temperatura de uso de la batería y reduce la variación de la autonomía en función del clima.

NOTA: Se hace un énfasis especial en la batería debido al presente proyecto está enfocado al proceso de despiece de la batería del Kia Soul EV.

- **Mantenimiento correctivo.**

El mantenimiento correctivo es la etapa del mantenimiento el cual parte preexistida del mantenimiento preventivo.

Dado que los componentes electrónicos en el automóvil muy raramente se pueden reparar, el mantenimiento correctivo que se aplica en automóvil Kia Soul EV es el cambio de los elementos comprometidos.

Reparaciones para realizar durante el mantenimiento correctivo:

Tabla 9 : Tabla de componentes que se realizan mantenimiento correctivo.

Componentes	Descripción
Líquido de freno	El cambio se realiza a los 50.000 km
Líquido refrigerante	El cambio se lo realiza a los 180.000 km
Pastillas de freno	Sufre poco desgaste. El vehículo frena invirtiendo el alternador y lo aprovecha para cargar la batería.
Cambio de neumáticos	Cambio se realizará cuando sea necesario como vehículo convencional.
Fusibles	Elementos encargados de evitar una sobrecarga eléctrica excesiva en el vehículo
Cables conductores	Desgastados.
Conjunto de baterías de alto voltaje	Una vez cumplida con su utilidad al máximo, realizar cambio de los módulos que presentan averías.

Fuente: Autores.

1.2.7 Fallas comunes en el paquete de baterías de polímeros de litio.

Las fuentes de mayor degradación en la operación reguladora de las baterías polímeros de litio son de origen químico y térmico en las células de las baterías modelo de iones de litio. Los mecanismos de falla química incluyen la descomposición y reducción de electrolitos, descomposición del aglutinante, formación de interfaz de electrolito sólido (SEI), co-intercalación de solventes, disolución de material activo, pérdida de litio y evolución de gas.

Según (JoeriVan Mierlo, 2019) clasificación de falla de operación regular en celdas de batería de polímeros de litio, nos indica en el siguiente cuadro sinóptico.

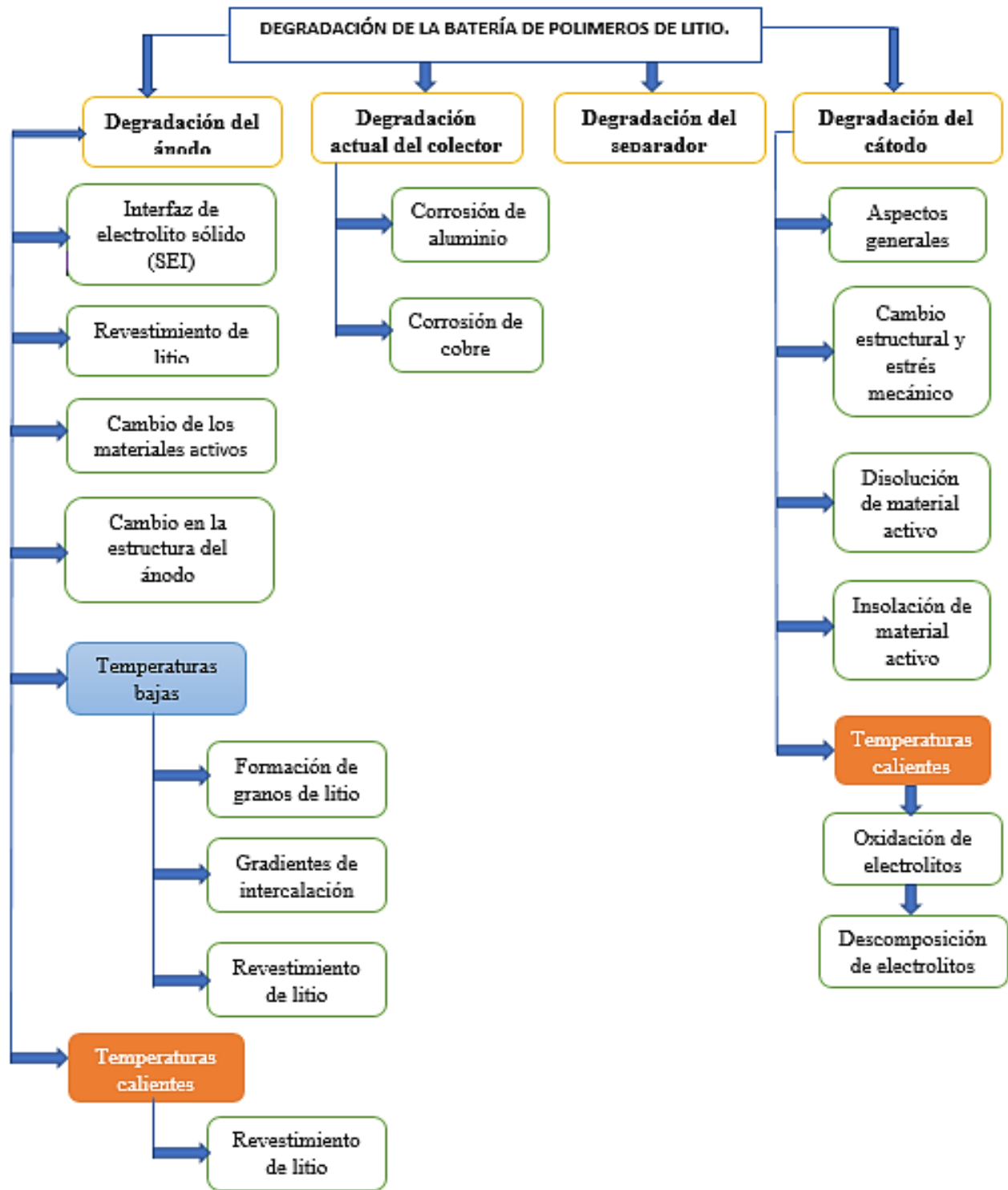


Figura 20: Esquema de degradación de polímeros de litio. Fuente: (JoeriVan Mierlo, 2019).

1.2.8 Provisión.

Cuando se pretenda no utilizar las baterías modelo de Polímero de Litio asegurarse de guardarlas a media carga, lo que significa carga de tensión entre 3.5/3.8V, nunca en el estado de descarga completa. Acopiar en un área donde el ambiente sea sin humedad como un depósito tipo hermético. Cuando los periodos de provisiones son superiores a 3 meses es muy aconsejable conservar la batería en una temperatura baja. Después de un periodo muy extenso de acopio, siempre equilibre el paquete de baterías antes de la primera carga (Fernando Antonio, 2013).

1.2.9 Procedimiento para desechar las Baterías Modelo de Polímero de Litio.

Para desechar una batería de polímero de litio hay que asegurarse que está completamente descargada. El procedimiento para realizar la descarga se basa en descargar la batería hasta 2.5V, por celda.

Luego de tener la batería descargada se sumerge en un recipiente con agua saturada de sal durante 24 horas y después compruebe que la tensión de la celda sea de 0 voltios. Una vez descargada la batería desecharla en un contenedor para su recolección y eliminación, según el acuerdo ministerial de pilas usadas.

1.2.10 Acuerdo ministerial de pilas usadas.

Acuerdo número 022 Instructivo para Gestión Integral de Pilas Usadas, creada el 29-abril-2013, con el objetivo principal, según (Lorena Tapia, 2013) menciona que “El presente Acuerdo tiene como objeto establecer los requisitos, procedimientos y especificaciones ambientales para la elaboración, aplicación y control del Plan de Gestión Integral de Pilas Usadas a fin de fomentar la reducción y otras formas de valorización, con la finalidad de proteger el ambiente” (p.3).

1.2.11 Duración rentable de la batería en el Kia Soul EV.

La duración rentable de una batería de alta tensión no puede ser medida en tiempo (semanas, meses, años), la duración es medida por los ciclos de carga-descarga que en estas se efectúan sin que sea necesario realizar una reducción total del tensión de las baterías, es decir, si el paquete de baterías está expuesta a un ordenación de varios ciclos diariamente de trabajo, por lo tanto la duración será de menos de tiempo de uso, pero en cambio, si el paquete de batería de

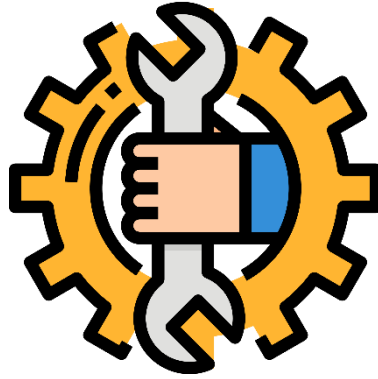
alta tensión es sometida a una ordenación de trabajo de pocos ciclos de uso diariamente logra establecer que durara una mayor cantidad de tiempo.

De esta manera, se tiene que considerar el trabajo total que está sometido la batería, si es controlada la descarga y solo algunas veces se alcanza una descarga total. En caso de diferir este caso, si se realiza mayor número de descargas profundas la duración rentable y cantidad de ciclos se irá disminuyendo progresivamente.

En este tipo de automóviles el número de ciclos de vida es de 3500 o 10 años (Narvaez Murillo Brayan Mauricio, 2019).

Realizar el mantenimiento es la regeneración de las baterías que consiste en hacer que posea nuevamente su estado original, en los cuales se debe trabajar tanto en la batería compacta, como en los módulos de forma individual, de esta manera, restablecer la batería obteniendo su funcionalidad nuevamente. Los procedimientos se describen en el Capítulo II.

CAPÍTULO II



2 MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PARA LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN.

CONTENIDO

DATOS TÉCNICOS DE LA BATERÍA DE ALTO TENSIÓN DEL KIA SOUL EV.....	45
ESTRUCTURA DE LA BATERIA DE ALTO TENSIÓN.....	47
VERIFICACIÓN DEL ESTADO INICIAL DE LA BATERÍA	48
EXTRACCIÓN DEL PAQUETE DE BATERÍA DE ALTA TENSIÓN.	50
Procedimiento de apagado del alto voltaje.....	50
Desmontaje de la batería de alta tensión.....	53
Despiece e identificación de los elementos internos del paquete de baterías de alta tensión.....	56
Desmontaje de los elementos internos.....	59
COMPROBACIÓN DEL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN.....	64
Comprobación del fusible principal.....	64
COMPROBACIÓN DEL CABLE DEL TAPÓN DE SEGURIDAD DEL ENCHUFE.....	66
COMPROBACIÓN DEL PRA.....	66
COMPROBACIÓN CONECTORES DEL BMS.....	70
DESARMADO DEL MODULO Y COMPROBACIÓN.....	71
ARMADO DEL PAQUETE DE BATERÍA DE ALTA TENSIÓN.....	78
Consideraciones para el armado del modulo.....	78
RECOMENDACIONES GENERALES PARA TRABAJAR CON ALTA TENSIÓN.....	83
Equipo de protección personal (E.P.P).....	84

2.1 INTRODUCCIÓN.


El presente manual se centra en el proceso de identificación correspondiente de cada uno de los elementos integrados dentro del paquete de baterías de alto tensión del automóvil para generar una base de información técnica. Posteriormente describe los procesos para el mantenimiento de las baterías de alto tensión mediante representación con esquemas y diagramas para definir el mantenimiento adecuado del sistema. Antes de realizar la identificación de los elementos se debe mantener ciertas precauciones como el manejo e identificación de color de alto tensión, además describir las medidas de seguridad para evitar daño físico a las personas.

2.2 DATOS TÉCNICOS DE LA BATERÍA DE ALTA TENSION DEL KIA SOUL EV.

La batería del automóvil eléctrico Kia Soul EV tiene diversas funciones y componentes que definen su buen funcionamiento. Además, cuenta con varios valores de tensión para su funcionamiento, en caso mantenimiento o reparación tener el conocimiento de cómo trabaja la batería de alta tensión.

Se logra divisar la tabla 10 donde se enumeran las especificaciones de ficha técnicas de la batería del automóvil Kia Soul EV.

Tabla 10: Especificaciones de ficha técnica la batería de alta tensión del Kia Soul EV.

Elementos	Valores	
Celdas (células)	96	
Voltaje nominal (V)	360	
Capacidad (Ah)	75	
Peso (kg)	277	
Sistema de refrigeración	Enfriado por aire	
Voltaje de celda (V)	2.5 - 4.3	
Numero de módulos	8 (formado por 10 y 14 celdas)	
Diferencia de voltaje entre celdas (mV)	Menos de 40	

Fuente: Autores.

La batería de alta tensión tiene diversos componentes internos que la conforman y estos se identifican de acuerdo con la nomenclatura que se logra divisar en la tabla 11.

Tabla 11: Nomenclatura de elementos dentro del paquete de baterías.

Abreviatura	Descripción
PRA	Ensamblaje de relé de alimentación (Power Relay Assembly)
BMS	Sistema de gestión de la batería (Battery Management System)
LDC	Convertidor DC-DC de bajo voltaje (Low Voltage DC-DC Converter)
QRA	Ensamblaje de relé de carga rápida (Quick Charge Relay Assembly)
RAD	Dispositivo de detección de pista (Runway Arresting Device)

Fuente: Autores.

2.3 ESTRUCTURA DE LA BATERÍA DE ALTA TENSION.

Los componentes internos que conforman la batería de alta tensión se logra divisar la figura 21, que contiene la distribución del paquete de la batería.

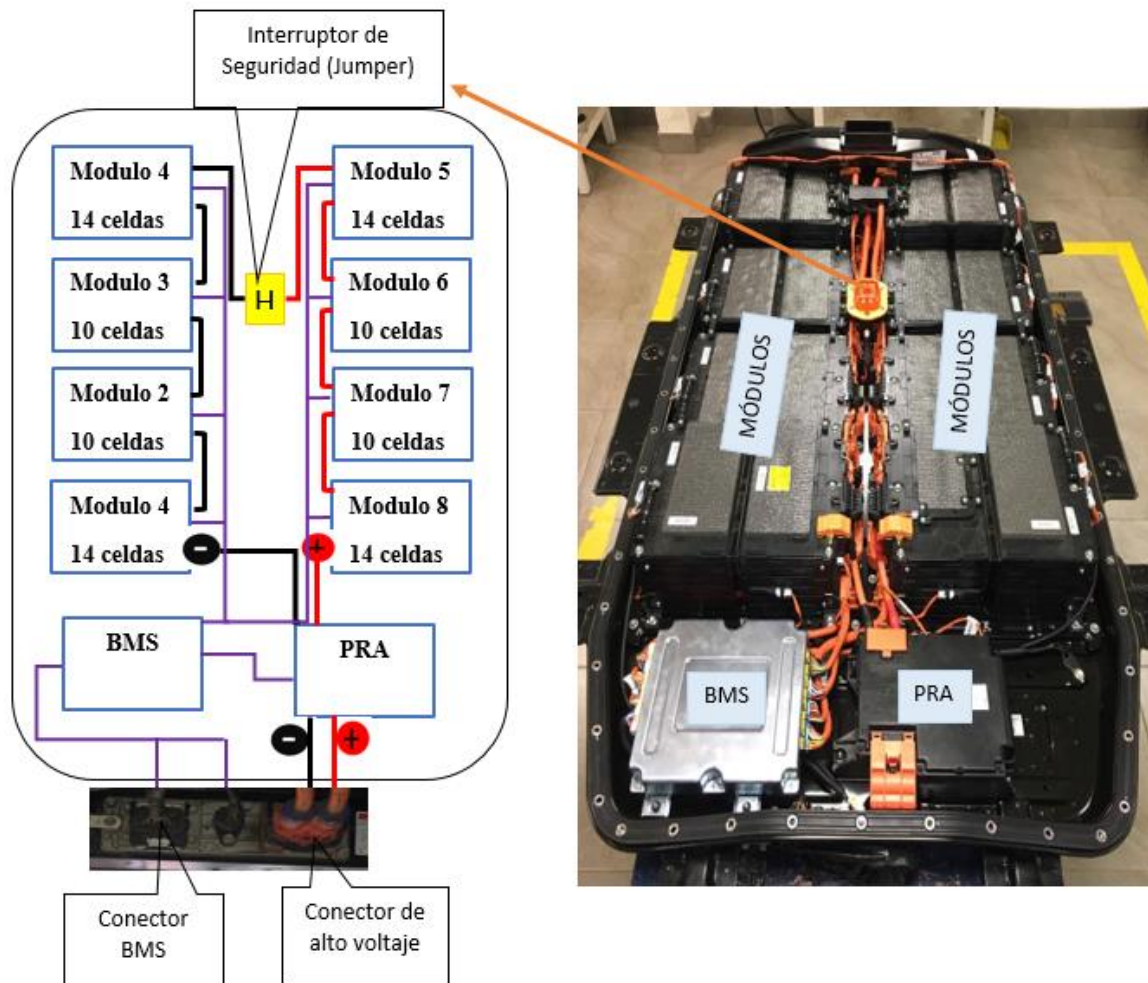


Figura 21: Estructura de la batería de alto tensión. Fuente: Autores.

Identificados los componentes internos, se logra dar la descripción de función de cada uno de ellos.

Jumper. - Enchufe de seguridad puesto para cortar cualquier flujo de corriente de alta tensión que brinda el paquete de batería a los elementos eléctricos del automóvil (Armijos & Maurad, 2018).

Módulo. – Es una estructura de elementos que, en una construcción, se ubican en cantidad a fin de hacerla más sencilla (Kia, 2019).

Celda de combustible. –También llamada pilas de combustible o células de combustible, da lugar a un suministro directamente de corriente eléctrica a un circuito externo (Armijos & Maurad, 2018).

PRA. – Conjunto de relés de potencia que se encuentra dentro del conjunto de la batería y controla el circuito de alimentación de alto tensión (Armijos & Maurad, 2018).

BMS. –Sistema de control que permite establecer la condición interna de la batería según los valores de medición que exponga la batería (tensión / corriente / temperatura) (Kia, 2019).

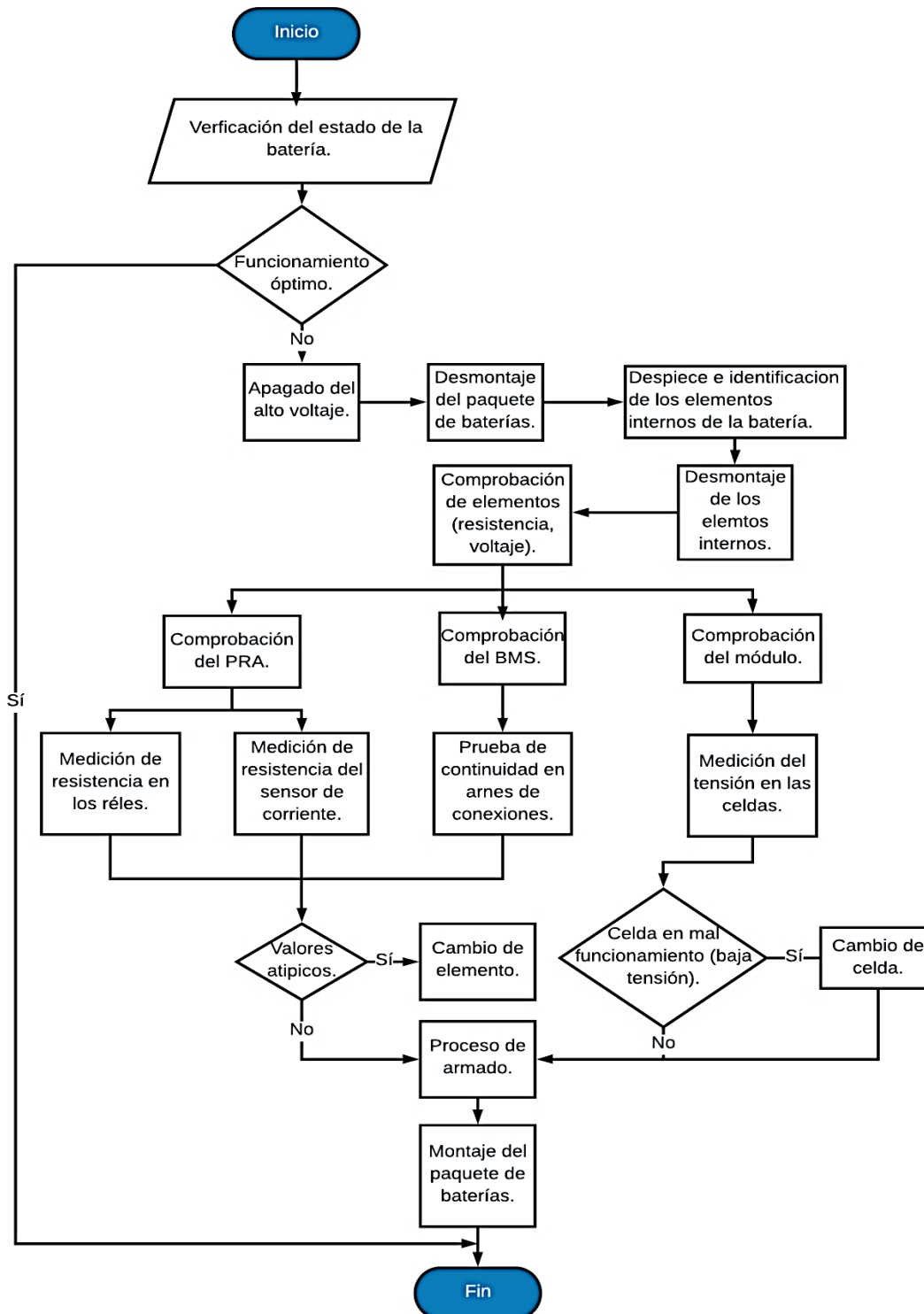
2.4 VERIFICACIÓN DEL ESTADO INICIAL DE LA BATERÍA

Con este proceso se identifica el estado actual de la batería de alta tensión, para verificar si está trabajando de una forma correcta o de no ser el caso proceder después con mantenimiento. La batería de alta tensión del automóvil Kia Soul tiene una tensión de 360V, conformada por 8 módulos de baterías, de estos módulos el 1,4,5 y 8 tienen 14 celdas y los módulos 2,3,6 y 7 poseen 10 celdas. Cada una de estas celdas entregan un voltaje de 4.06V en funcionamiento normal y están conectadas en serie, por lo tanto, para identificar el estado de funcionamiento del paquete de batería se da paso a realizar un proceso de carga y descarga para lograr identificar si alguna celda esta defectuosa en los datos del DTC

Para obtener los datos de tensión de las celdas de la batería se conecta el software EmoLab 2.0.1 mediante el dispositivo OBDLink y se enciende el automóvil para acceder a los datos de tensión de las celdas, donde se comprueba que tensión de las celdas este dentro del rango 2.5~4.3V y el voltaje del pack de batería entre 240~413V.

A continuación se muestra el diagrama general del proceso de mantenimiento de la batería de alta tensión:

Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento para la batería de alta tensión:



Fuente: Autores

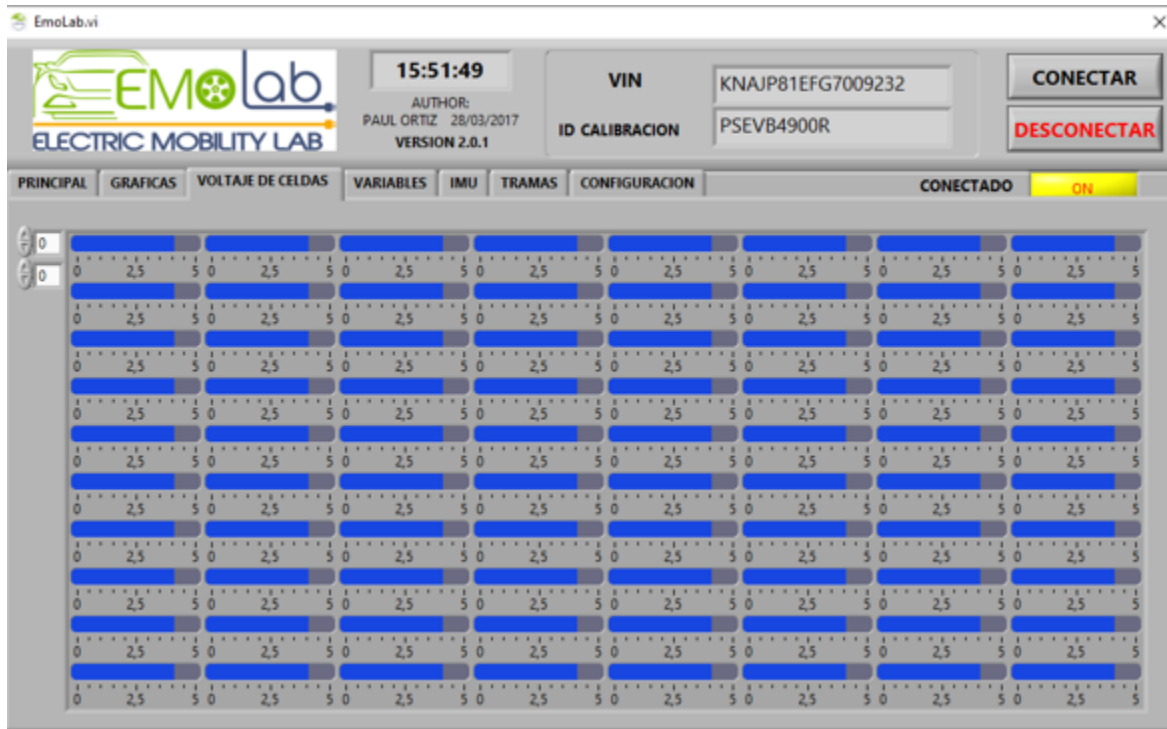


Figura 22: Tensión de celdas del automóvil Kia Soul. Fuente: Paul Ortiz.

Una vez realizado el monitoreo se comprueba que todas las celdas están en buenas condiciones.

2.5 EXTRACCIÓN DEL PAQUETE DE BATERÍA DE ALTA TENSIÓN.

Las técnicas de servicios y procedimientos de reparaciones de los diversos sistemas electrónicos y eléctricos de la batería de alta tensión no resultan ser complejas, constituyendo así con la seguridad personal de los técnicos que llevan a cabo los procesos de mantenimiento. Sin embargo, existen etiquetas de ADVERTENCIA, PRECAUCIÓN y ATENCIÓN, todas estas contribuyen a la seguridad personal y se las debe tomar en cuenta.

2.5.1 Procedimiento de apagado del alto voltaje.

La batería del automóvil almacena un alto voltaje (360V), por lo que debe seguir las precauciones necesarias de seguridad o de lo contrario podría ocurrir algún accidente como: una descarga eléctrica dentro del sistema o un cortocircuito eléctrico. Para desactivar el alto voltaje se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Colocar el switch de encendido del automóvil eléctrico en posición OFF y desconecte el terminal negativo (-) de la batería auxiliar.
2. Desmante el forro sobre tapis del suelo del asiento de los pasajeros.
3. Después de retirar la tuerca, desmante la tapa seguridad para acceder al interruptor de seguridad (Jumper).
4. Retire el interruptor de seguridad.

Desmontaje del interruptor de seguridad en el siguiente orden, como se puede divisar en la figura 23.



Figura 23: Pasos de desconexión del interruptor de seguridad (Jumper) de la batería de alta tensión.

Fuente: Autores



Figura 24 Interruptor de seguridad. *Fuente:* Autores

5. Tiene que establecer una espera al menos 5 minutos o hasta que el condensador del sistema de alta tensión se pueda descargar completamente.
6. Mida el voltaje entre los puntos de conexión del inversor para comprobar si el capacitor del inversor se ha descargado completamente.
 - Eleve el automóvil.
 - Desmante la cubierta inferior de la batería de alta tensión.

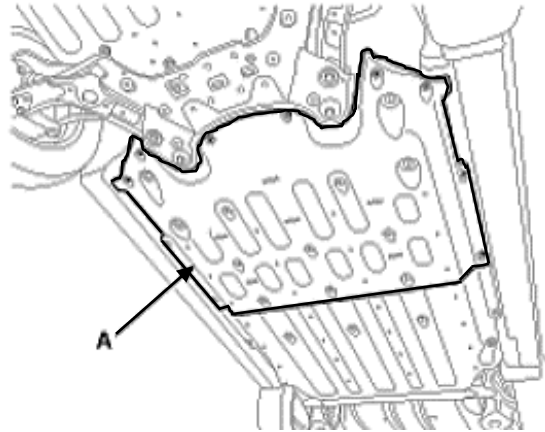


Figura 25: Desmontaje de cubierta inferior delantera de la batería de alta tensión

Fuente: Kia.

- Desmonte el cable de alta tensión.

Presionar el seguro del conector y halar para desconectar como está indicado en la figura 26.

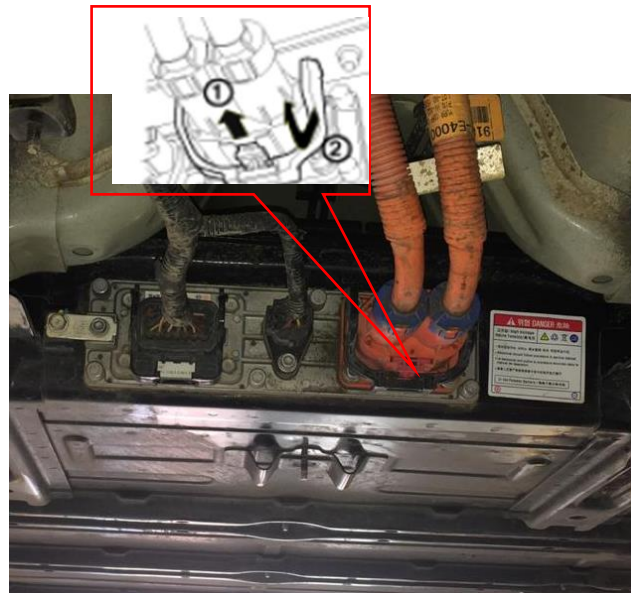


Figura 26: Desmontaje del cable de alto voltaje. Fuente: Autores.

- Mida el voltaje entre los puntos de conexión del inversor.
 - Inferior a 30 V: El circuito de alta tensión ha sido apagado correctamente.
 - Más de 30 V: Error en el circuito de alta tensión.



Figura 27: Obtención del voltaje en el inversor. Fuente: Autores.

2.5.2 Desmontaje de la batería de alta tensión.

Una vez ejecutado el proceso de apagado de alta tensión se precede con el desmontaje del paquete de baterías.

1. Eleve el automóvil
2. Desmontar los pernos de sujeción de la cubierta posterior de la batería de alta tensión.
3. Proceder a realizar la desconexión del conector BMS, como lo indica en la Figura 28.

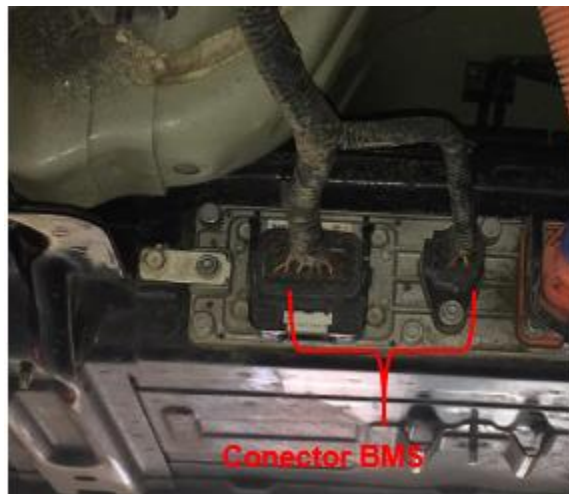


Figura 28: Conector BMS. Fuente: Autores.

4. Proceder a realizar la desconexión de los cables de masa ubicados en la parte lateral de la batería (A y B).

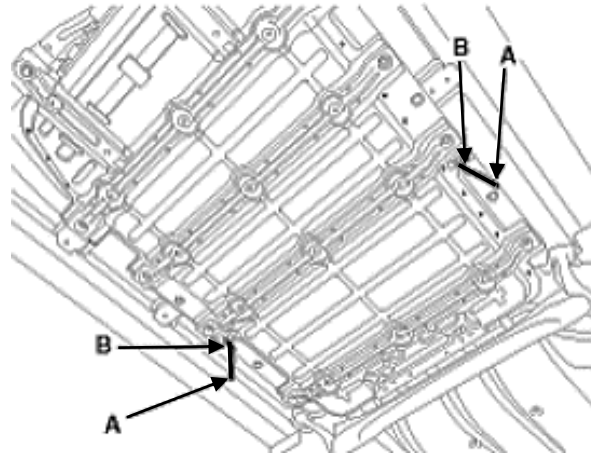


Figura 29 Ubicación de los cables de masa. Fuente: Kia



Figura 30: Cable de masa de la batería de alta tensión. Fuente: Autores.

5. Proceder a realizar la sujeción del paquete de batería con una mesa de elevación.

Antes de proceder con el desmontaje de la batería se debe considerar el siguiente aviso:

AVISO

- Realice la sujeción del paquete de batería con una mesa de elevación para evitar accidentes.
- Asegúrese de que han extraído por completo los cables de alta tensión antes del desmontaje del conjunto del paquete de baterías.
- Coloque una alfombra aislante en la mesa de elevación para proteger la parte inferior del paquete de baterías.

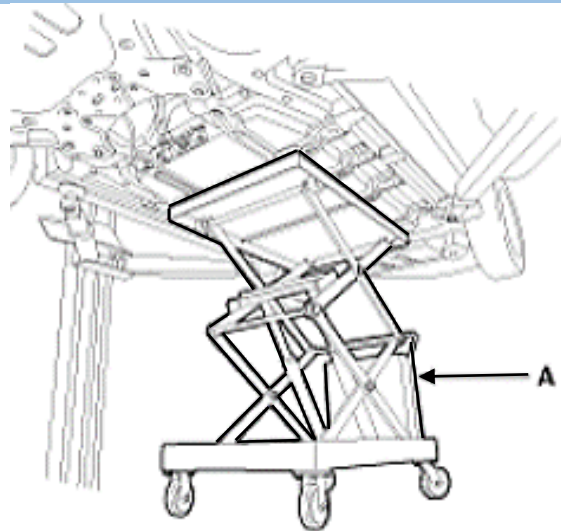


Figura 31: Mesa de elevación para desmontaje de batería. Fuente: Kia.

6. Proceder a realizar el desmontaje de los pernos de sujeción ubicados en todo el contorno de todo el conjunto del sistema de la batería de alta tensión.

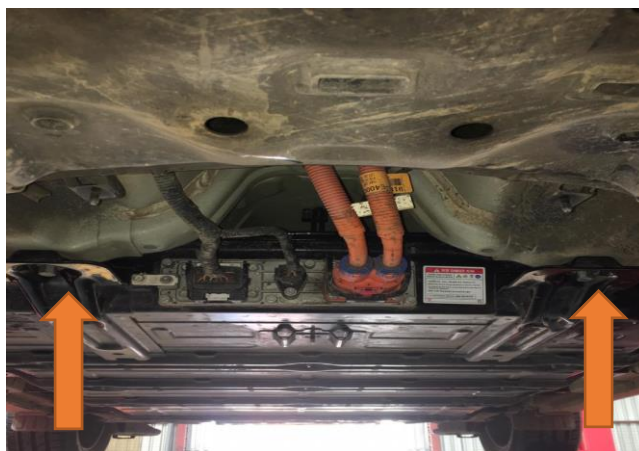


Figura 32: Sitio de los pernos de sujeción del conjunto de batería de alta tensión Fuente: Autores.

7. Proceder a retirar el paquete de batería de alta tensión del automóvil.



Figura 33: Paquete de batería de alta tensión. Fuente: Autores.

2.5.3 Despiece e identificación de los elementos internos del paquete de baterías de alta tensión.

La batería de alta tensión está conformada por dos grupos; uno de 4 módulos de 14 celdas y 4 módulos de 10 celdas todos estos conectados en serie, el voltaje presente en la estructura del módulo de 10 celdas es de 37.5 V y el módulo de 14 un voltaje de 52.5 V. En la Figura 34 se muestra el diagrama de conexión del paquete de batería.

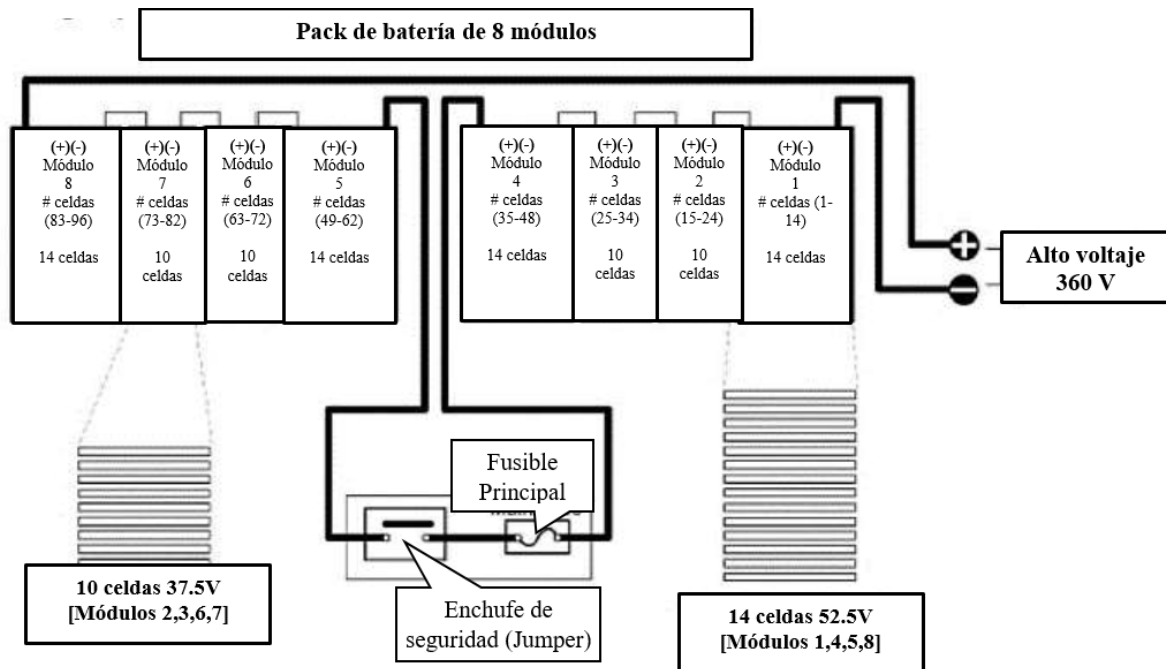


Figura 34: Sistema de batería de alta tensión. **Fuente:** Autores.

Extraído el paquete de batería de alta tensión se continúa con el proceso de despiece e identificación de los elementos internos.

1. Desmontar los pernos de sujeción del soporte del cable del conector del interruptor de seguridad (Jumper).



Figura 35: Pernos de sujeción del interruptor de seguridad. **Fuente:** Autores.

2. Desmontar los pernos de sujeción de la tapa superior ubicados alrededor del contorno del paquete de batería de alta tensión (A), conjuntamente con la junta resistente al agua.

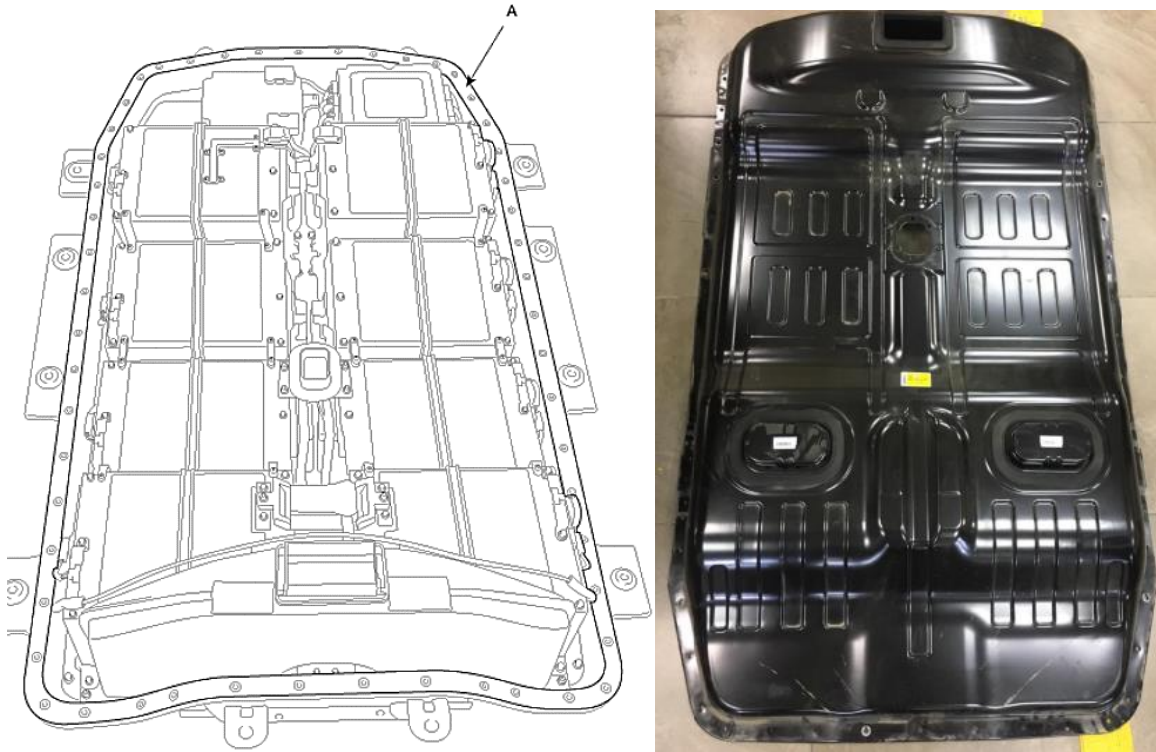


Figura 36: Tapa superior del paquete de batería. **Fuente:** Autores.

3. Realizado el desmontaje de la tapa superior, se observa el lugar de los elementos internos en la batería de alta tensión.

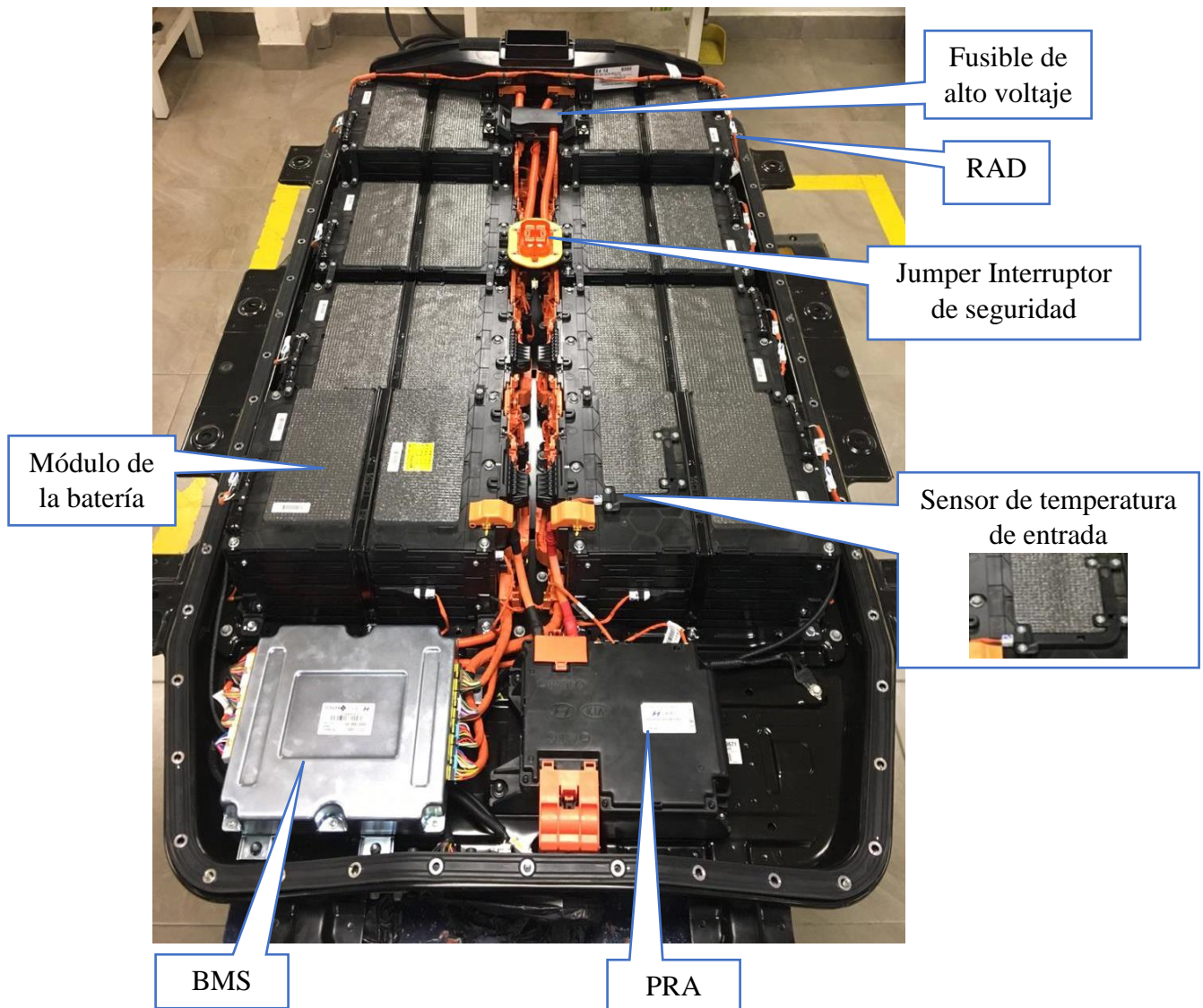


Figura 37: Paquete de batería de alta tensión: Fuente: Autores.

2.5.4 Desmontaje de los elementos internos.

1. Desconectar los conectores del cableado RAD de todo el sistema.

En la figura 38 se indican las conexiones RAD de un lado de la batería, estos conectores se encuentran de igual forma al otro lado de la batería.

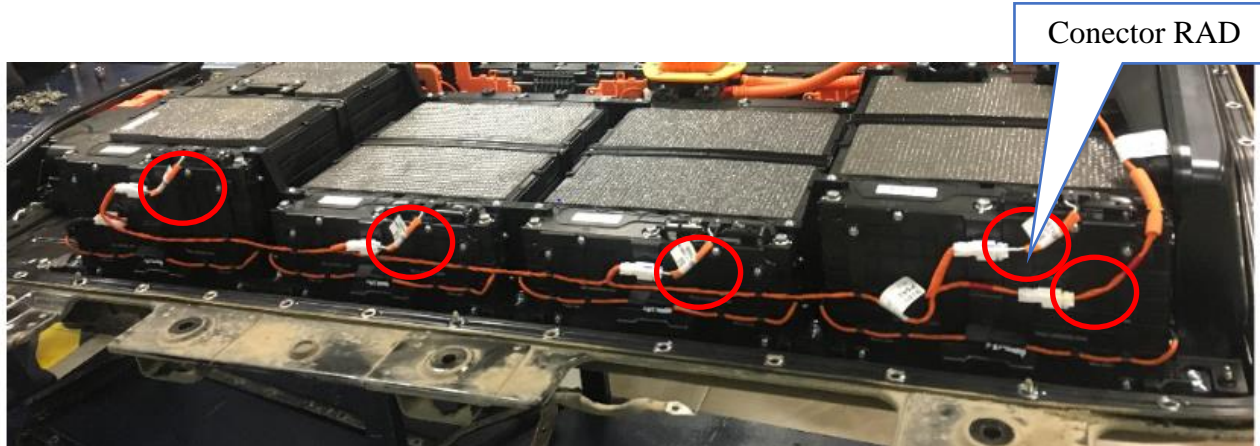


Figura 38: Conexiones RAD de la batería. Fuente: Autores.

2. Desmontar el conducto del conducto de salida del sistema de refrigeración del paquete de baterías.

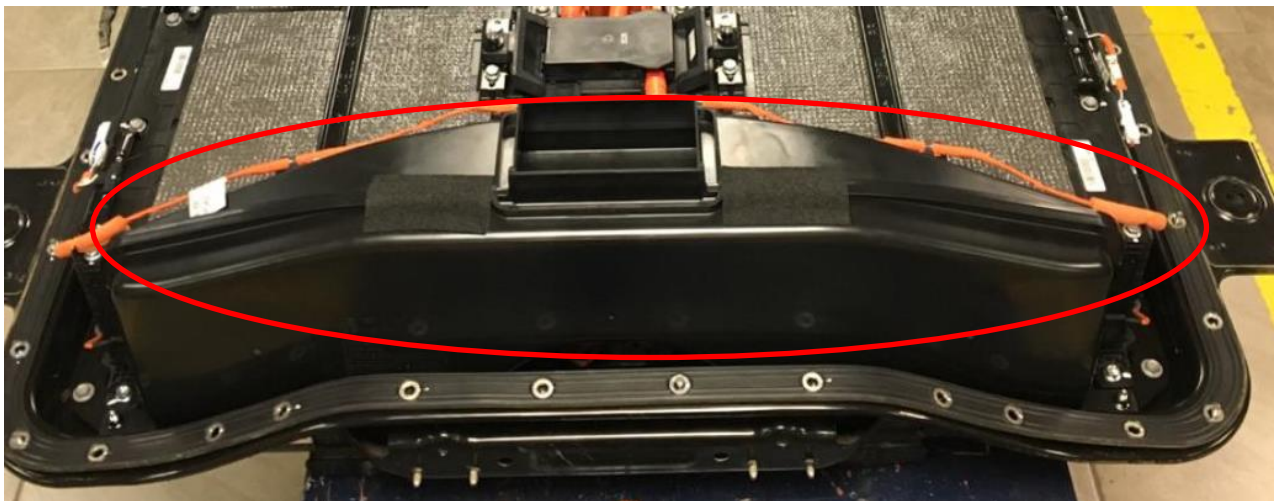


Figura 39. Conducto del sistema de refrigeración. Fuente: Autores.

3. Desmontar la cubierta del cable de alimentación de alta tensión adjunto al PRA, tanto de la batería y del inversor.

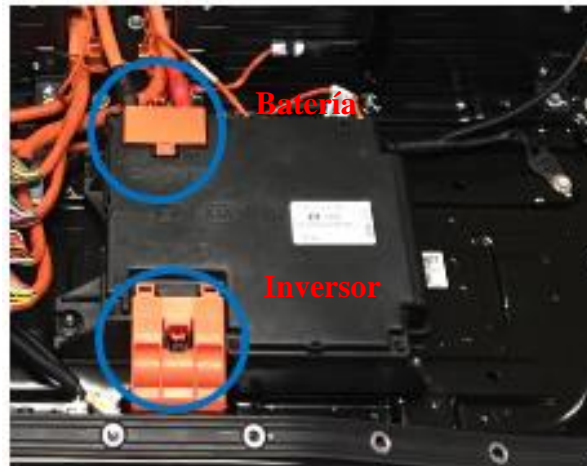


Figura 40: Cubierta del cable de alimentación. Fuente: Autores.

- Desmontar los pernos de sujeción de los cables, extraiga el cable de alimentación positivo y negativo del lado de la batería y del lado del inversor.

AVISO

- Realice la extracción de los cables con su respectiva medida de seguridad, sin que realice un contacto entre los dos terminales y luego aíslelos.**

- Tras desmontar los pernos de fijación, retire el conjunto del relé de potencia (PRA).



Figura 41: Conjunto PRA. Fuente: Autores.

6. Desconectar los conectores del BMS

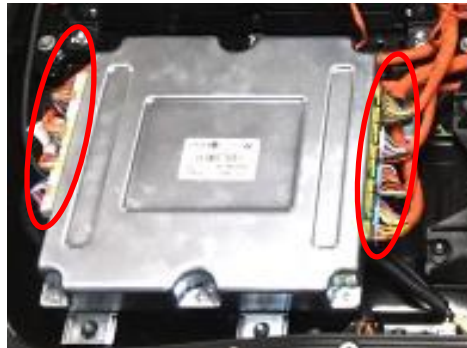


Figura 42: Conectores del BMS. **Fuente:** Autores.

7. Aflojar las tuercas de fijación de la ECU BMS y retirarla.



Figura 43: ECU BMS del sistema. **Fuente:** Autores.

8. Desconecte el conector de interbloqueo del tapón de seguridad

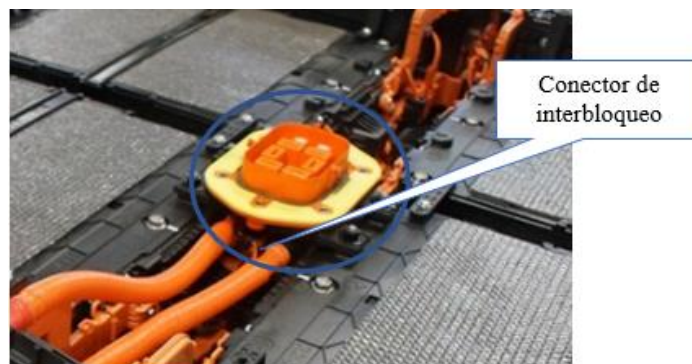


Figura 44: Conector de interbloqueo. **Fuente:** Autores.

9. Afloje las tuercas de montaje y retire el conjunto del cable del tapón de seguridad para el enchufe.

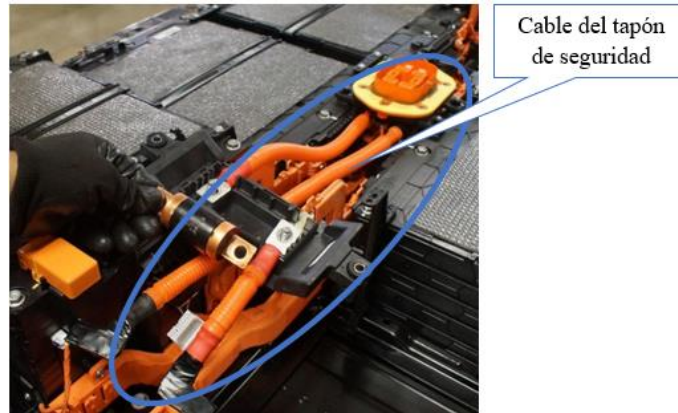


Figura 45: Cable del tapón de seguridad. Fuente: Autores.

10. Afloje los pernos de sujeción y retire el módulo del pack de la batería de alta tensión.

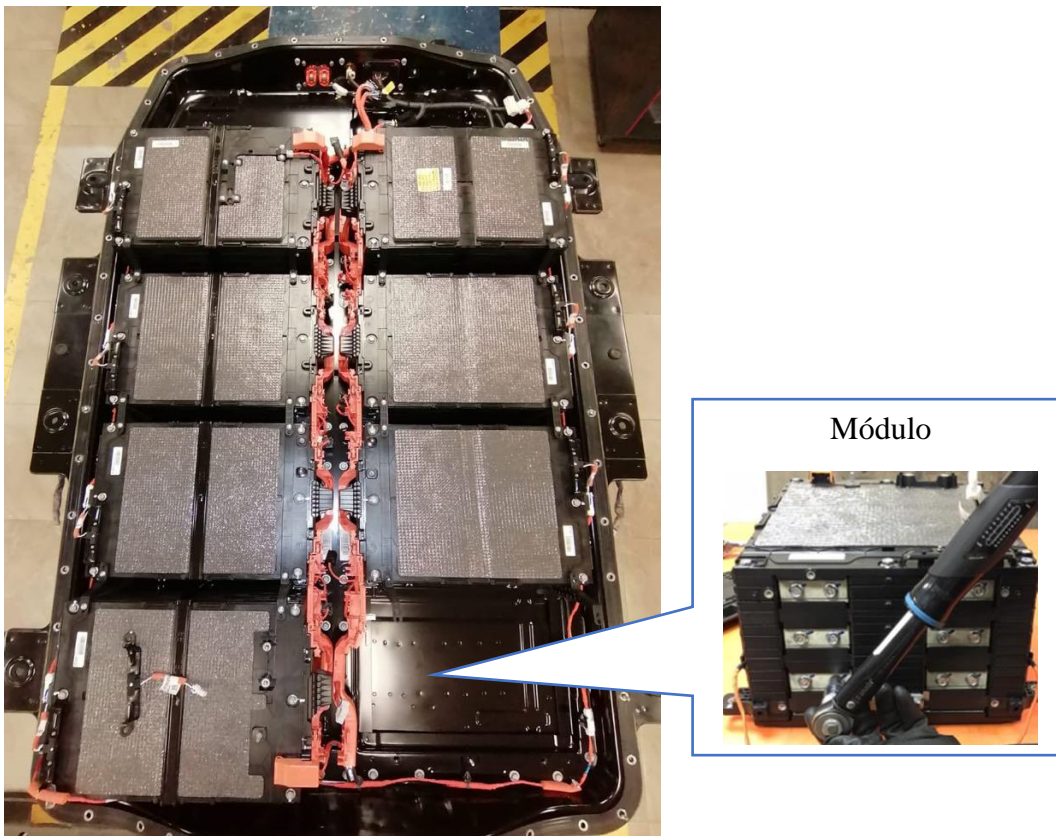


Figura 46: Pack de batería de alta tensión extraído un módulo. Fuente: Autores.

2.6 COMPROBACIÓN DEL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN.

2.6.1 Comprobación del fusible principal.

Para llevar a cabo esta comprobación existen dos métodos los cuales se describen a continuación.

Método 1.

1. Extraiga el tapón de seguridad.
2. Mida la resistencia del cable del tapón de seguridad para el enchufe que está conectado al fusible principal, la medida de resistencia debe ser menor a 1Ω (20°C)



Figura 47. Diagrama de medición de resistencia del fusible. Fuente: Autores.

Si la resistencia no está dentro del rango establecido se debe proceder a reemplazar el fusible.

Método 2.

Para realizar la comprobación con este método es necesario desmontar la batería y se realiza siguiendo los pasos:

1. Poner el interruptor de encendido del automóvil eléctrico en OFF y desconectar el terminal negativo (-) de la batería auxiliar.
2. Apague la alta tensión.
3. Desmante la batería de alta tensión.
4. Desmante la caja superior de la batería de alta tensión.
5. Desmante la caja de fusibles superior que se indica en la figura 48.



Figura 48. Desmontaje caja de fusibles. Fuente: Autores.

6. Medir la resistencia del fusible como lo indica la figura 49 y la medida de ser menor a 1Ω (20°C).



Figura 49. Medición de la resistencia del fusible. Fuente: Autores

2.7 COMPROBACIÓN DEL CABLE DEL TAPÓN DE SEGURIDAD DEL ENCHUFE.

Se realiza la comprobación de la resistencia del cable del enchufe de seguridad como logra divisar en la figura 50. Esta medida debe ser menor a 1Ω (20°C).



Figura 50: Comprobación del cable del enchufe de seguridad. Fuente: Autores.

2.8 COMPROBACIÓN DEL PRA.

Es la parte donde se encuentra el relé de alta tensión, el relé de precarga, la barra colectora de alta tensión, resistor de precarga y el sensor de corriente. Estos elementos permiten que el circuito suministre alta tensión al bloque de conexiones de alto voltaje. El relé principal está específicamente controlado por el sistema BMS mediante señales emitidas del switch.

Si llega a producirse alguna avería dentro de los elementos del PRA, se comprueba la continuidad de los circuitos y de existir alguna anomalía se realiza el mantenimiento correctivo necesario.

En la figura 51 se muestra la ubicación de los elementos que conforman el PRA.

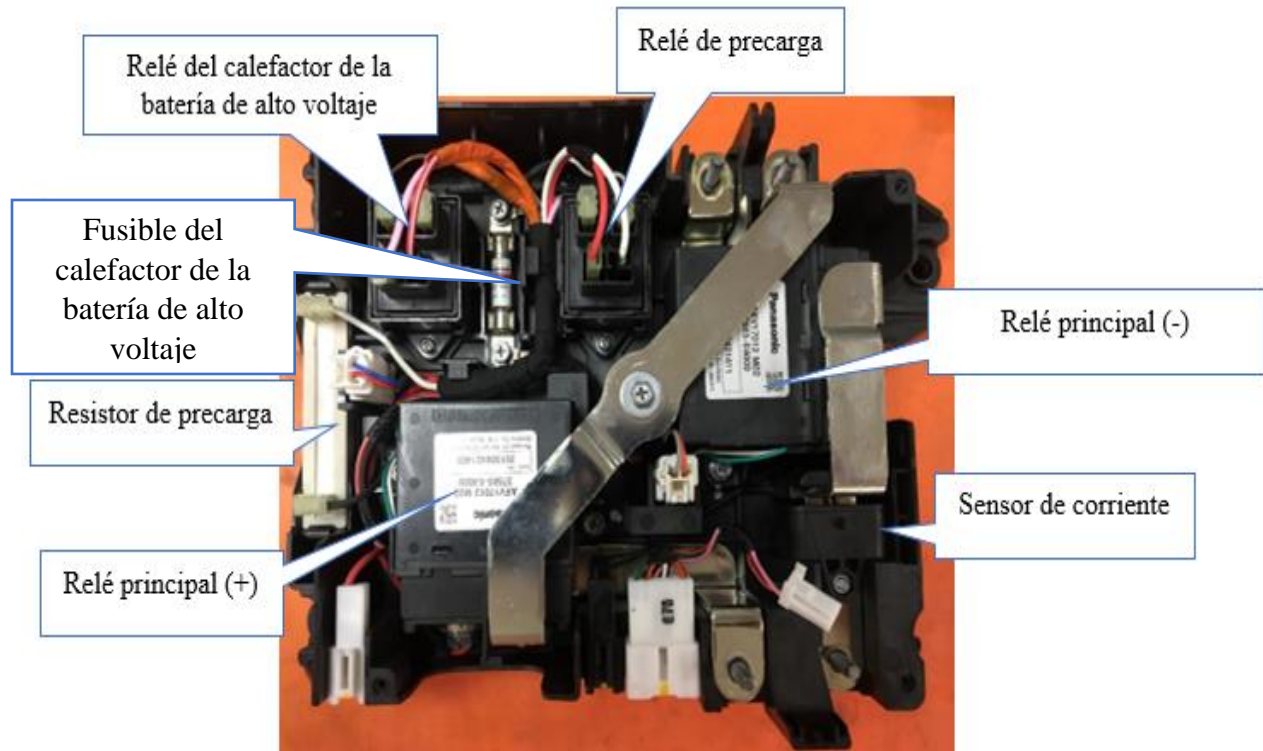


Figura 51: Elementos del PRA. Fuente: Autores.

2.8.1 Comprobación del relé principal.

Se realiza la medición de resistencia de la bobina para establecer si está dentro del rango como se muestra en la figura 52, la medida de resistencia debe estar entre 104.4 y 127.6 Ω (20°C).

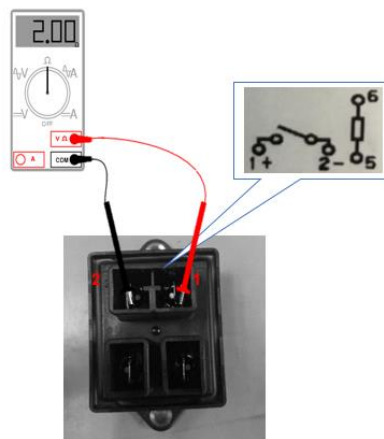


Figura 52: Comprobación relé principal. Fuente: Autores.

2.8.2 Comprobación del relé de precarga

Se procede a medir la resistencia de la bobina del relé de precarga y se comprueba que el valor este dentro del rango de medida 104.4 y 127.6 Ω (20°C).

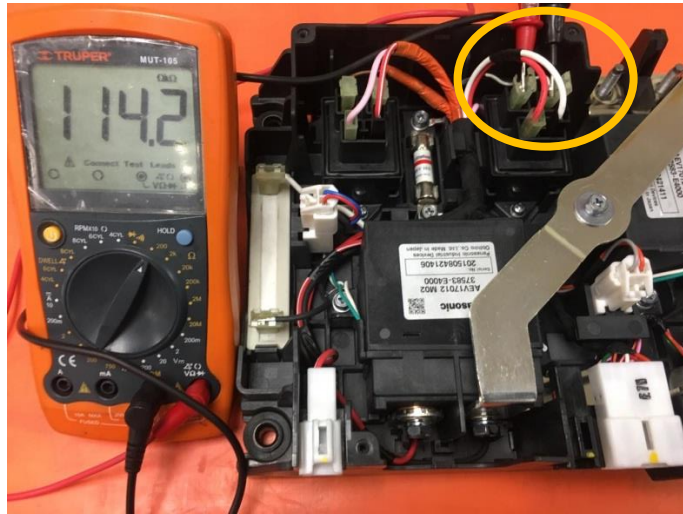


Figura 53: Comprobación del relé de precarga. Fuente: Autores.

2.8.3 Comprobación del relé del calefactor de la batería de alto voltaje.

Para realizar la comprobación del relé no es necesario desmontar el mismo del PRA, y la medida de resistencia de la bobina del relé debe estar entre los valores de 104.4 y 127.6 Ω (20°C). En la figura 54 se indica la comprobación del relé del calefactor de la batería de alta tensión.



Figura 54: Comprobación del relé del calefactor. Fuente: Autores.

2.8.4 Comprobación del resistor de precarga

Para realizar esta comparación se procede a colocar los puntales del multímetro en los extremos de la resistencia, la medida de resistencia debe ser igual o cercana a 30Ω . El resultado de la comprobación de la resistencia se muestra en la figura 55.



Figura 55: Resistencia de precarga. Fuente: Autores.

2.8.5 Comprobación sensor de corriente

La comprobación de este elemento se puede llevar a cabo mientras se encuentre pasando corriente por el sensor, pero con el sensor desmontado se logra medir la resistencia como esta se muestra en la figura 56, dando como resultado de la medición un valor de 00.4Ω .



Figura 56: Sensor de corriente. Fuente: Autores.

2.9 COMPROBACIÓN CONECTORES DEL BMS

El BMS determina la condición de la batería de acuerdo con las mediciones de tensión, corriente y temperatura por eso se debe comprobar la continuidad de los pines que conectan el BMS y los diferentes módulos, cada uno de los conectores (A, B, C, D, F, G) se conectan con los módulos de la batería, como se puede divisar en la figura 57.

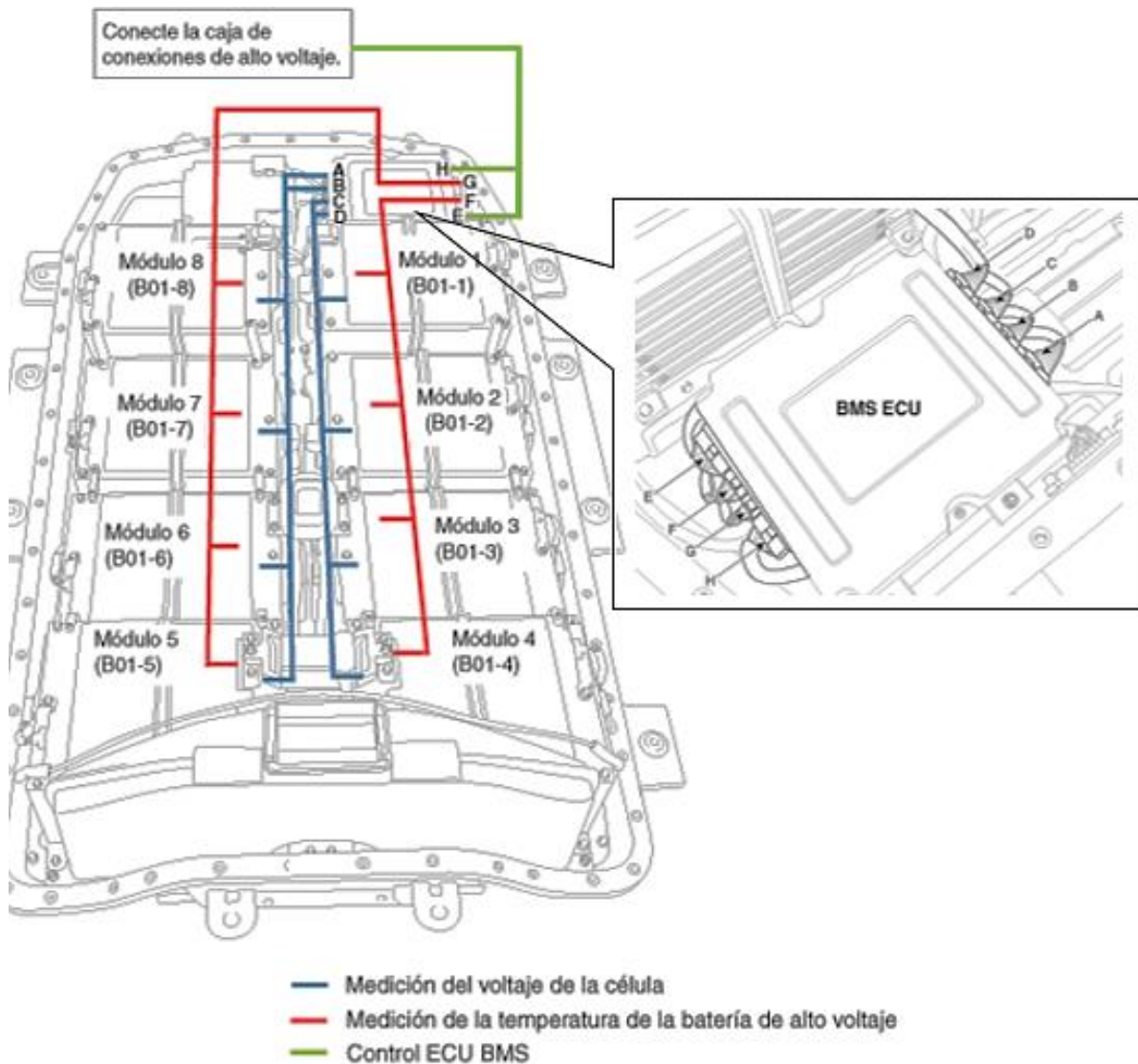
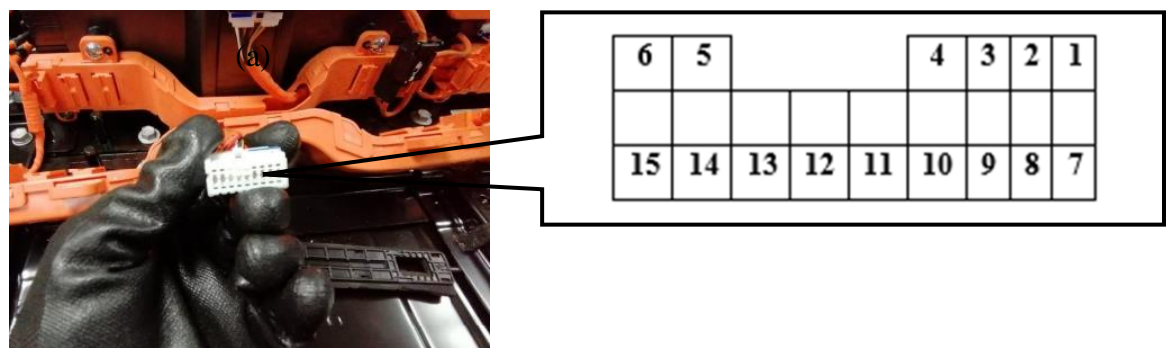
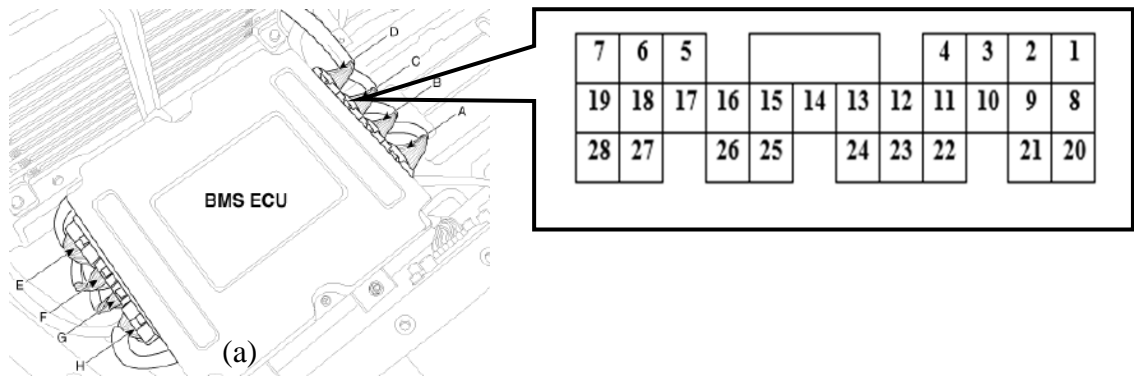


Figura 57: Diagrama de conexión BMS. Fuente: Kia.

Como se muestra en la Figura 58 (b) que corresponde a la entrada de conector del módulo #4 la cual va dirigida al conector C del sistema BMS y debe ser comprobado su continuidad entre sus puntos de conexión.



(b)
Figura 58: (a) Conector C del sistema BMS y (b) Conector de entrada al módulo #4. **Fuente:** Autores.

2.10 DESARMADO DEL MÓDULO Y COMPROBACIÓN

Para poder realizar el mantenimiento preventivo del módulo es necesario desarmar para poder acceder a los componentes internos, este proceso no lo realizan los centros autorizados de servicio dentro de esas instalaciones los técnicos solo únicamente hacen el cambio directo del módulo, que sería un mantenimiento correctivo. En la figura 59 se ilustra la conexión en serie del módulo.

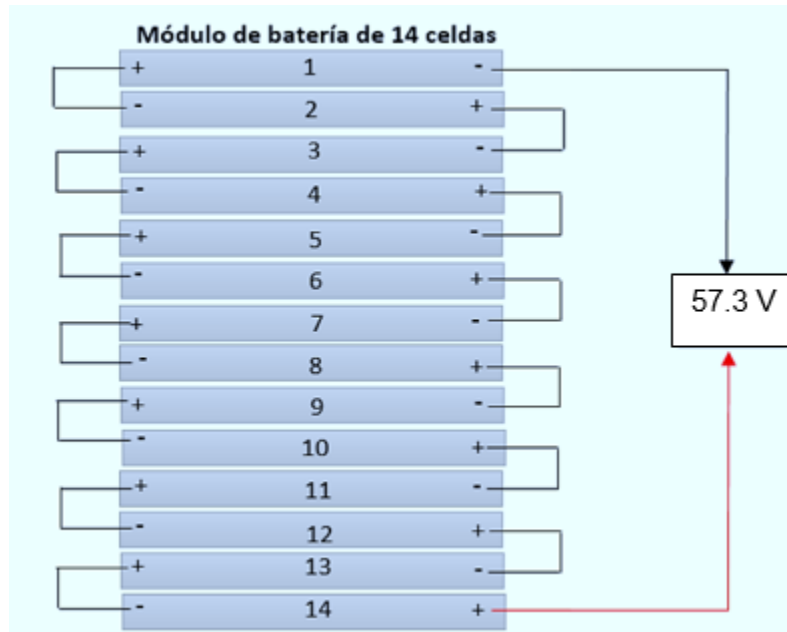


Figura 59: Circuito del módulo. Fuente: Autores.

Para desarmar el módulo de la batería de alta tensión se debe ser los siguientes pasos:

1. Retire los calefactores del modulo



Figura 60: Calefactor del módulo de batería. Fuente: Autores.

Extraído los calefactores proceder a realizar su comprobación, midiendo su resistencia interna con la herramienta multímetro, la cual está comprendida de 27.2Ω como está establecido en la figura 61.



Figura 61: Comprobación del calefactor. Fuente: Autores

2. Extraiga los fusibles del módulo que pertenecen a cada una de las celdas. Se debe verificar que los fusibles no estén quemados

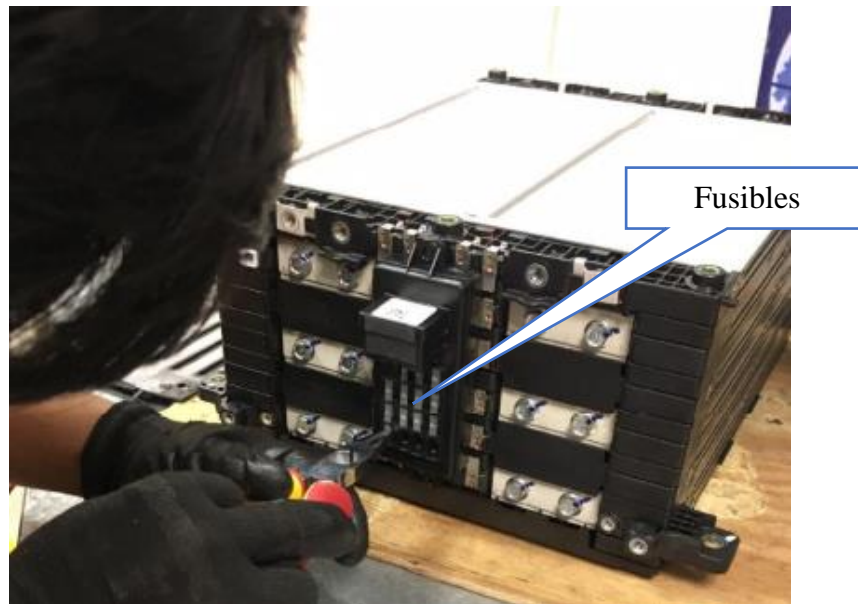


Figura 62: Extracción de fusibles módulo. Fuente: Autores.

3. Aflojar los pernos de sujeción de las celdas



Figura 63: Pernos de sujeción celdas. Fuente: Autores.

4. Retirar la cubierta de la placa y desoldarla del módulo

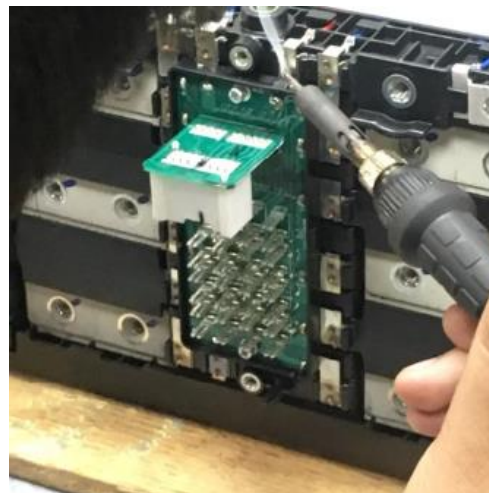


Figura 64: Placa del módulo de la batería. Fuente: Autores.

Una vez extraída la placa del módulo se procede a verificar la continuidad, para descartar algún corto circuito, como se logra divisar en la figura 65.

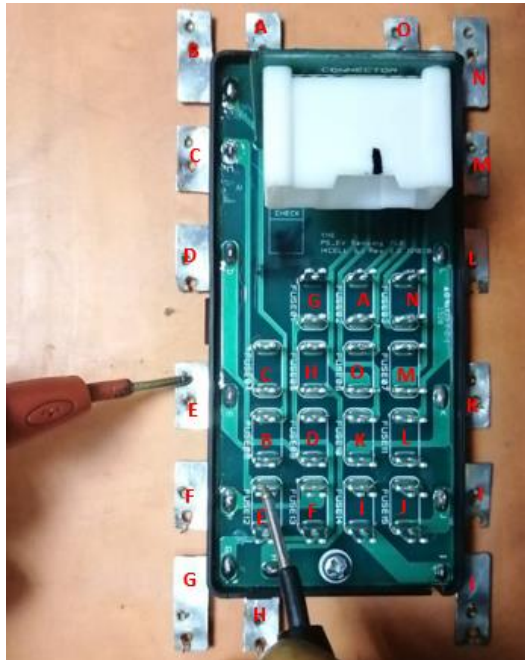


Figura 65. Comprobación de placa del módulo. Fuente: Autores.

5. Desmontar cada una de las celdas



Figura 66: Celdas del módulo de la batería. Fuente: Autores.

AVISO

- Realice la extracción de las celdas con su respectiva medida de seguridad, sin que realice contacto entre los cables de las celdas.

2.10.1 Comprobación de celdas

Se debe verificar la tensión y la integridad de la celda, la medida de tensión debe estar dentro de 2.5 ~ 4.3 V. También se debe realizar una comprobación visual de la celda para verificar la integridad física.



Figura 67: Comprobación de celda. Fuente: Autores.

Al comprobar de manera visual se verifica que la celda no posea ningún tipo de corrosión, golpes o fugas de electrolito, de ser el caso y no existir daños graves en la celda se realiza el reacondicionamiento de esta, caso contrario se realiza el mantenimiento correctivo.

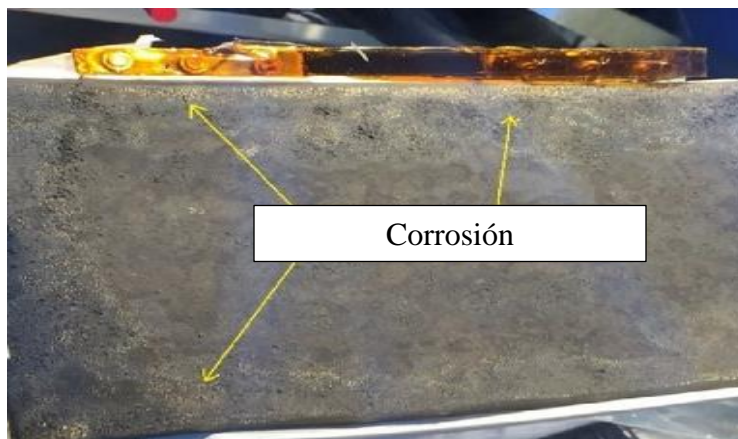


Figura 68: Celda con corrosión. Fuente: Gandoman (2019)

2.10.2 Diagrama de flujo para el reciclaje de celdas.

En el siguiente diagrama de flujo se muestra el proceso a seguir para reciclar las celdas (células) de la batería de alta tensión.

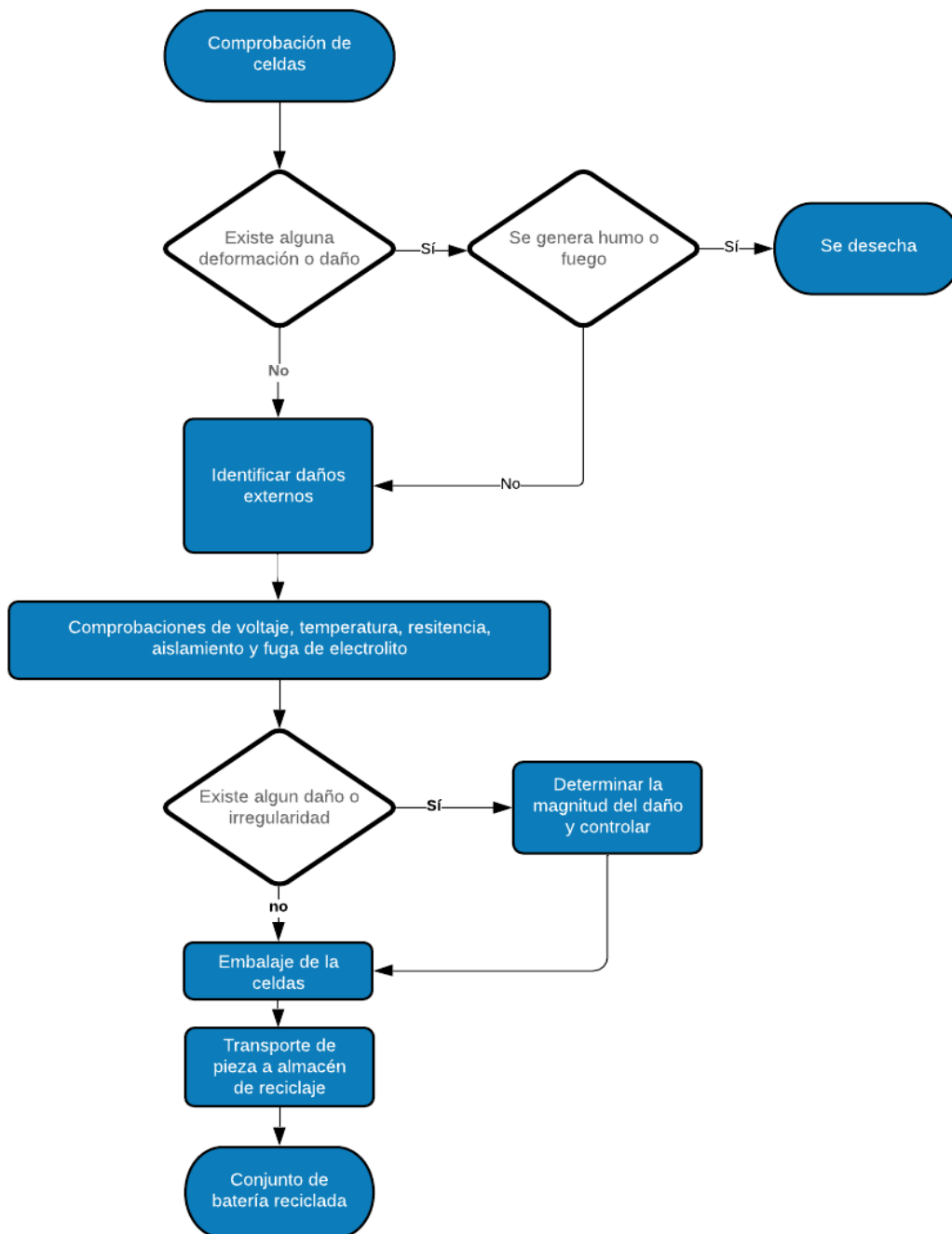


Figura 69: Diagrama de flujo de reciclaje de celdas. Fuente: Autores.

2.11 ARMADO DEL PAQUETE DE BATERÍA DE ALTA TENSIÓN

Ya realizados los debidos procesos de comprobación de los diferentes elementos se procede a realizar el armado del módulo. El proceso de armado del módulo se realiza de la forma inversa del proceso de desarmado. En la presente figura 70 se puede divisar un esquema completo del módulo de la batería que será útil para el armado.

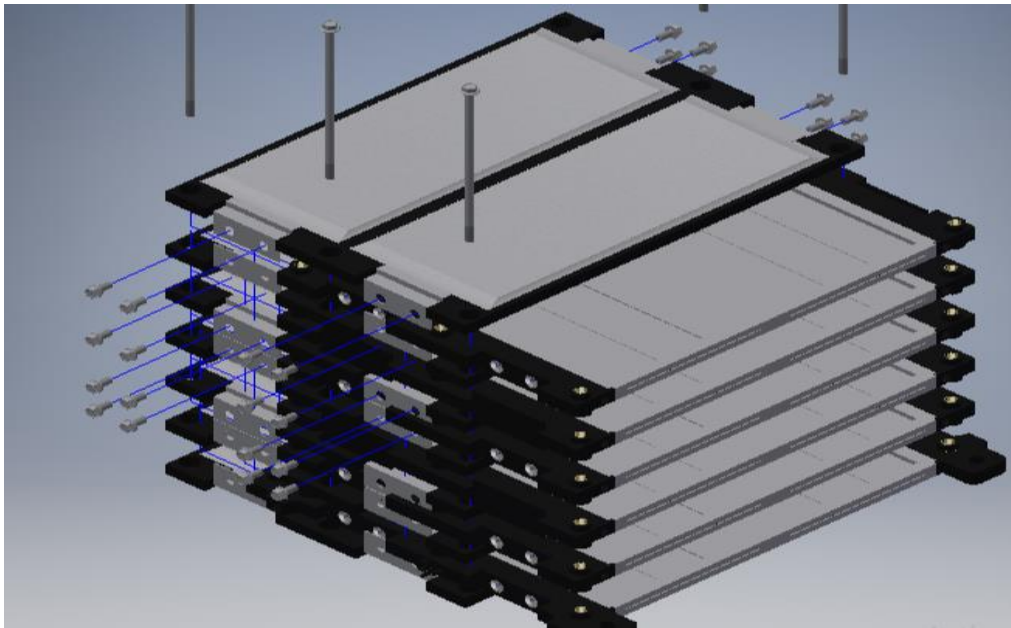


Figura 70: Esquema módulo batería. Fuente: Autores.

2.11.1 Consideraciones para el armado del módulo

- Manipular las celdas de forma adecuada al momento de armar el módulo teniendo la cuenta los terminales para después realizar la conexión de la placa.



Figura 71: Celdas del módulo de batería. Fuente: Autores.

- **Torque de apriete de los elementos de sujeción para el montaje del paquete de batería de alta tensión.**

Tabla 12: Tabla de torques de apriete de los pernos/tuercas para la sujeción de elementos del paquete de batería

Elemento	N*m	Lb*pie
Tuerca de montaje de la tapa de servicio del tapón de seguridad para el enchufe.	7,8 ~ 11,8	5,8 ~ 8,7
Perno de montaje del cable a masa.	7,8 ~ 11,8	5,8 ~ 8,7
Perno de montaje del conjunto la batería de alto voltaje al chasis del vehículo.	55.0 ~ 82.4	40.5 ~ 60.8
Perno de montaje de la caja superior del pack de la batería de alto voltaje.	7,8 ~ 11,8	5,8 ~ 8,7
Tuerca de montaje del cable (+) de alimentación de alto voltaje.	7,8 ~ 11,8	5,8 ~ 8,7
Tuerca de montaje del cable negativo (-) de alimentación de alto voltaje.	7,8 ~ 11,8	5,8 ~ 8,7
Tuerca de montaje del conjunto del relé de potencia PRA.	7,8 ~ 11,8	5,8 ~ 8,7
Tuerca de montaje del BMS.	7,8 ~ 11,8	5,8 ~ 8,7
Perno de montaje del cableado de extensión BMS	7,8 ~ 11,8	5,8 ~ 8,7
Tuerca de montaje del panel del conducto de salida del protector del sistema de refrigeración.	7,8 ~ 11,8	5,8 ~ 8,7
Perno de montaje del conducto de refrigeración de salida	7,8 ~ 11,8	5,8 ~ 8,7
Tuerca de montaje del módulo de la batería.	7,8 ~ 11,8	5,8 ~ 8,7
Perno de montaje del cableado de extensión BMS.	7,8 ~ 11,8	5,8 ~ 8,7
Perno de montaje de las celdas dentro del módulo.	7,8 ~ 11,8	5,8 ~ 8,7

Fuente: Autores.

- Para realizar la soldadura de la placa que conecta las celdas se debe proteger los alrededores debido a que el material el plástico y podría quemarse.

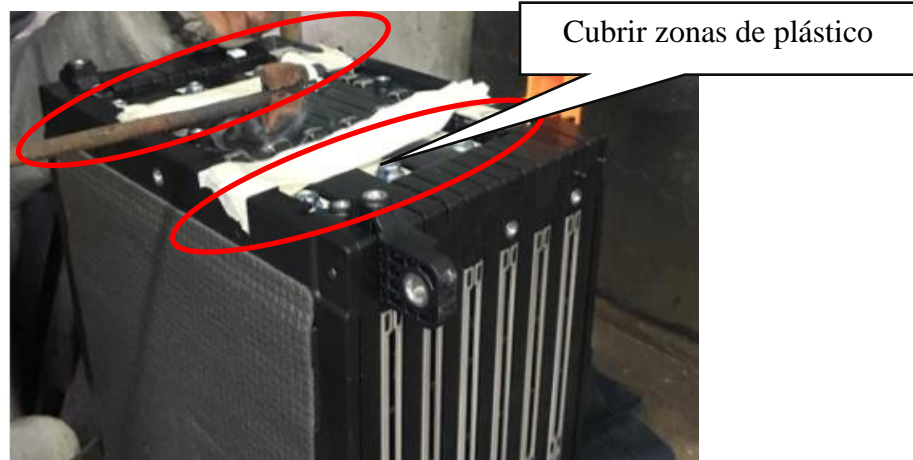


Figura 72: Soldadura de placa. Fuente: Autores.

- Verificar la continuidad de la placa una vez que esta armada con los fusibles.

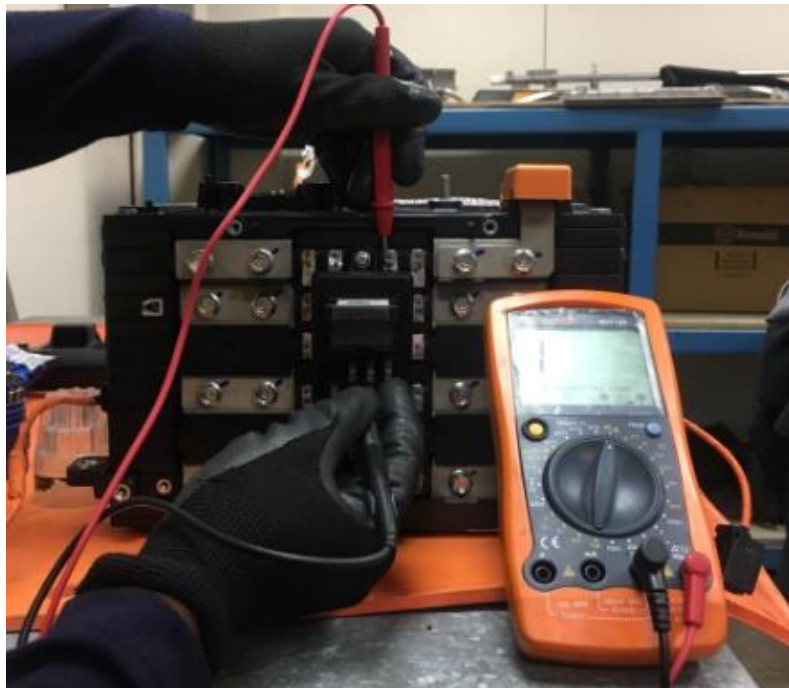


Figura 73: Comprobación de placa. Fuente: Autores.

- Armado el módulo se procede a verificar el voltaje de salida (57. V) y si este es correcto se coloca el módulo en el pack de baterías.

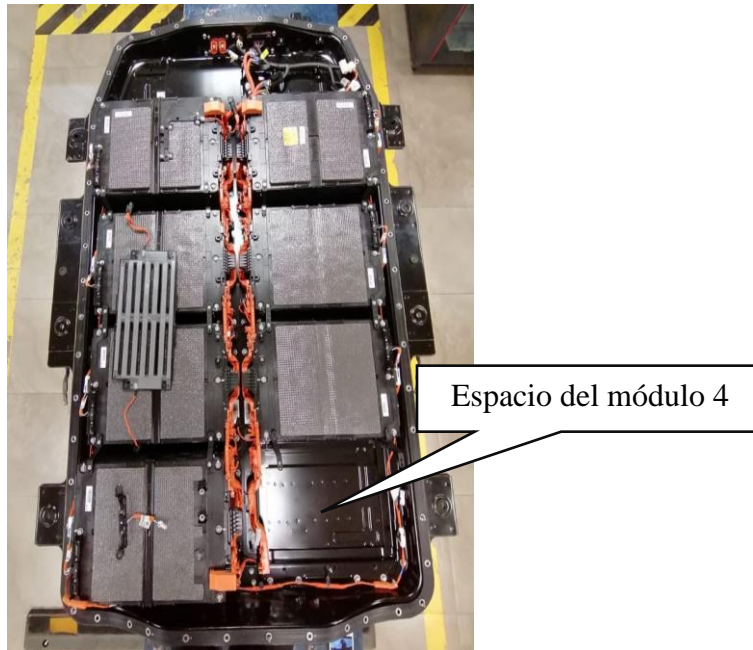


Figura 74: Pack de batería sin el módulo 4: Fuente: Autores.

- Después de colocar el módulo se procede a conectar los sensores de calefacción y se verifica que el RAD este en su posición correcta.



Figura 75: Posición del RAD. Fuente: Autores.

AVISO

- **Cuando instale los conectores de los cables de RAD, asegúrese de comprobar si se ha instalado el conector en la posición correcta. Compruebe si el interruptor RAD está ubicado hacia abajo.**

- Verificar que exista una buena conexión de los sensores.



Figura 76: Conexión sensores del módulo. Fuente: Autores.

- Se realiza la conexión del PRA, el BMS, del interruptor de seguridad y se comprueba que tensión de salida del paquete batería este dentro del rango 240~413V.

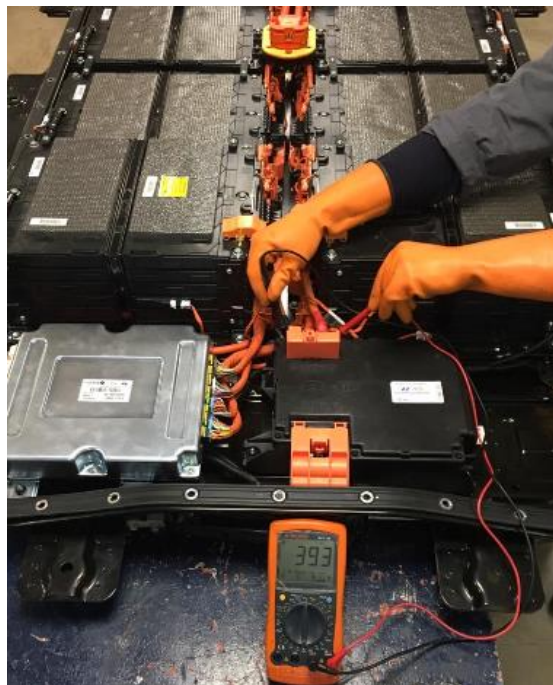


Figura 77: Comprobación de tensión. Fuente: Autores.

Una vez realiza la comprobación de la tensión de salida, se procede a poner la cubierta superior de la batería y posteriormente montar la batería en el automóvil.

2.12 RECOMENDACIONES GENERALES PARA TRABAJAR CON ALTA TENSIÓN.

La identificación del circuito de alta tensión se puede realizar de manera visual, debido a que el cableado y el conector están constituidos de un color naranja como se indica de manera visual en la figura 78.



Figura 78 Cableado de alta tensión color naranja. Fuente: Autores

Para trabajar con alta tensión se debe tomar en estas consideraciones establecidas de manera técnica:




- El técnico tiene la responsabilidad de guardar los enchufes del sistema de seguridad para evitar que se conecte por error.
- Mantenga alejado cualquier objeto de procedencia metálica (reloj, etc.) mientras trabaja en el sistema de alta tensión debido que esto puede provocar graves accidentes como, por ejemplo, una descarga eléctrica.
- El técnico debe llevar un equipo de protección personal para evitar accidentes.
- No permita nunca que los técnicos que no asuman el equipo de protección personal toquen el sistema de alta tensión.
- Utilice herramientas de aislamiento cuando trabaje con el sistema de alta tensión.
- Coloque los componentes de alta tensión desmontados sobre una alfombra con revestimiento.


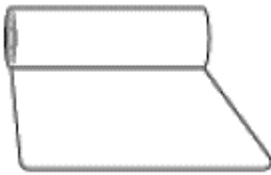

- Mantenga la llave inteligente 2 metros o más lejos del automóvil para evitar un arranque accidental del motor.
- Adjuntar una etiqueta de precaución por alta tensión a los componentes de alta tensión.

2.12.1 Equipo de protección personal (E.P.P).

Para preservar la seguridad de los técnicos existen implementos de seguridad que son de uso obligatorio, estos se describen en la tabla 13.

Tabla 13: Descripción del equipo personal para la realización del trabajo

Equipo	Gráfico	Descripción
Guantes aislantes		Se utilizan cuando se comprueba o se trabaja con los componentes de alta tensión [Rendimiento de aislamiento: 1000 V / 300 A o superior]
Calzado de aislamiento		Este tipo de calzado debe obtener punta de acero y de suela aislante cuando se comprueba o se trabaja con los componentes de alta tensión
Mandil u overol		Se utilizan cuando se comprueba o se trabaja con los componentes de alta tensión

<p>Gafas de seguridad</p>		<p>Se utiliza en los siguientes casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durante el desmontaje y montaje o comprobación de los terminales de la batería de alta tensión o los cables, puesto que pueden producirse chispas. • Durante el trabajo en el conjunto del paquete de la batería de alta tensión.
<p>Alfombra aislante</p>		<p>Todos los elementos de alta tensión desmontados se colocan en una alfombra aislante para evitar que se generen accidentes.</p>
<p>Cinta de seguridad</p>		<p>Se utiliza para informar del peligro al sobrepasar la línea.</p>

Fuente: Autores

Nota: Realizar una inspección previa del equipo de protección personal.

- Compruebe que el equipo de protección personal (EPP) no esté en mal funcionamiento.
- Compruebe que los guantes aislantes de alta tensión no presenten ningún fallo.

CAPÍTULO III

3 VALORES CARACTERÍSTICOS DE CADA UNO DE LOS COMPONENTES DE LA BATERÍA DEL AUTOMÓVIL ELÉCTRICO KIA SOUL PARA LA DETERMINACIÓN DE CRITERIOS TÉCNICOS DE DIAGNÓSTICO.

3.1 INTRODUCCIÓN.

En el presente capítulo se presenta la caracterización de los elementos internos más relevantes de la batería de alta tensión, considerando valores obtenidos de manera experimental. Además, se establecen criterios técnicos de diagnóstico para evaluar el estado y funcionamiento de los elementos eléctricos y electrónicos de la batería, y con esta información poder dar un correcto mantenimiento ya sea preventivo o correctivo.

3.2 CARACTERIZACIÓN SISTEMA DE ALTA TENSIÓN.

El sistema de alta tensión al trabajar con tensiones de hasta 450 V y 200 amperes puede sufrir daños en su estructura para comprobar su integridad se realiza la comprobación de resistencia y los valores obtenidos deben estar dentro del rango que indica la tabla 14.

Tabla 14: Valores del sistema de alta tensión. Fuente: Autores.

Elemento	Especificación
Resistencia del cable del tapón de seguridad para el enchufe (Ω)	Menos de 1 Ω
Resistencia del fusible principal (Ω)	Menos de 1 Ω

Fuente: Autores.

3.3 CARACTERIZACIÓN DEL CONECTOR C DEL SISTEMA BMS.

El BMS es el encargado de absorber toda la información de los diferentes sensores de los módulos de la batería y con esta información determinar la condición de la batería. Si se produce una falla

es necesario comprobar la continuidad entre los pines que conectan el BMS con los diferentes módulos, en la tabla 15 se visualiza las designaciones de los diferentes pines.

Tabla 15. Conexión BMS.

Conector C del BMS	Descripción	Conectado a Modulo #4
1	Entrada del voltaje a [Módulo 4/Celda 12]	PIN (1) celda de la batería [Módulo 4/Célula 12]
2	Entrada del voltaje a [Módulo 4/ Celda 9]	PIN (2) celda de la batería [Módulo 4/Célula 9]
3	Entrada del voltaje a [Módulo 4/ Celda 7]	PIN (3) celda de la batería [Módulo 4/Célula 7]
4	Entrada del voltaje a [Módulo 4/ Celda 5]	PIN (4) celda de la batería [Módulo 4/Célula 5]
8	Entrada del voltaje a [Módulo 4/ Celda 13]	PIN (5) celda de la batería [Módulo 4/Célula 13]
9	Entrada del voltaje a [Módulo 4/ Celda 10]	PIN (6) celda de la batería [Módulo 4/Célula 10]
10	Entrada del voltaje a [Módulo 4/ Celda 8]	PIN (7) celda de la batería [Módulo 4/Célula 8]
11	Entrada del voltaje a [Módulo 4/ Celda 6]	PIN (8) celda de la batería [Módulo 4/Célula 6]
12	Entrada del voltaje a [Módulo 4/Celda 3]	PIN (9) celda de la batería [Módulo 4/Célula 3]
13	Entrada del voltaje a [Módulo 4/ Celda 1]	PIN (10) celda de la batería [Módulo 4/Célula 1]
14	Entrada del voltaje a [Módulo 4/ Celda línea inferior]	PIN (11) celda de la batería [Módulo 4]
20	Entrada del voltaje a [Módulo 4/ Celda 14]	PIN (12) celda de la batería [Módulo 4/Célula 14]
21	Entrada del voltaje a [Módulo 4/ Celda 11]	PIN (13) celda de la batería [Módulo 4/Célula 11]
22	Entrada del voltaje a [Módulo 4/ Celda 7]	PIN (14) celda de la batería [Módulo 4/Célula 7]
23	Entrada del voltaje a [Módulo 4/ Celda 4]	PIN (15) celda de la batería [Módulo 4/Célula 4]
24	Entrada del voltaje a [Módulo 4/ Celda 2]	PIN (1) celda de la batería [Módulo 4/Célula 2]

Fuente: Autores.

3.4 CARACTERIZACIÓN CELDA.

Una celda se considera apta para su funcionamiento y operatividad en el automóvil si la tensión que entrega está dentro del rango establecido y la diferencia de tensión con respecto a las demás

celdas no supera los 40 mV. En la tabla 16 se exponen los valores característicos de las celdas de la batería de alta tensión del automóvil Kia Soul EV.

Tabla 16: Valores característicos de celda

Elemento	Especificación
Voltaje de la célula (V)	2.5 ~ 4.3
Voltaje del pack (V)	240 ~ 413
Diferencia en el voltaje entre células (mV)	Inferior a 40

Fuente: Autores.

3.5 CARACTERIZACIÓN PRA.

El PRA es el elemento encargado de suministrar de alta tensión a los elementos del automóvil mediante el relé principal negativo y el relé principal positivo. El circuito del PRA se indica en la figura 79 donde se aprecia de mejor forma la conexión de los relés principales y el relé de precarga.

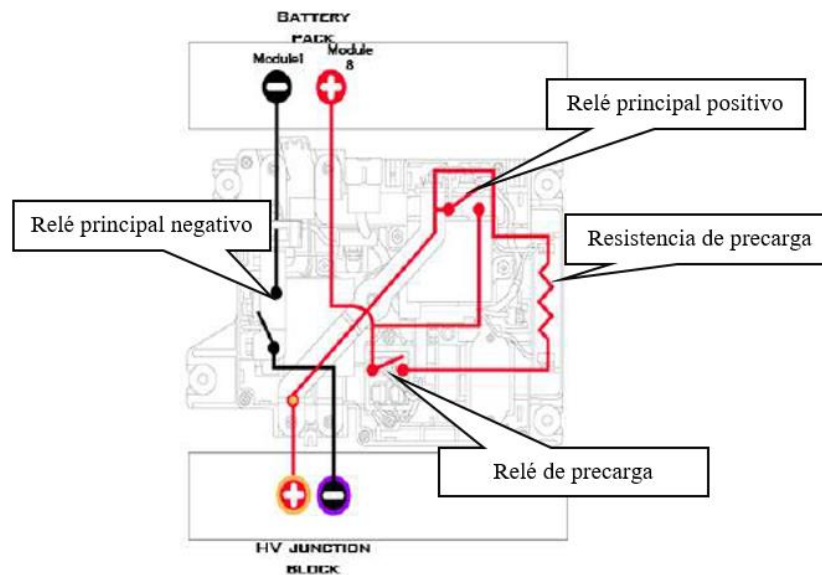


Figura 79: Circuito del PRA. *Fuente:* Autores.

3.5.1 Relé principal.

Tiene la función de conectar desconectar el circuito de alta tensión y la batería de alta tensión, estos están comandados por el BMS.

Al comprobar la resistencia de la bobina del relé se debe considerar los valores establecidos en la tabla 17 donde se exponen los valores característicos del relé principal de alta tensión.

Tabla 17: Valores característicos del relé principal.

Elemento		Especificación
ON	Voltaje nominal (V)	450
	Amperio nominal (A)	200
	Caída de voltaje (V)	Menos de 0,1 (200A)
BOBINA	Voltaje de funcionamiento (V)	12
	Resistencia [Ω]	21.6 ~ 26.4 (20°C)
	Resistencia de la bobina (Ω)	21.6 ~ 26.4 (20°C)

Fuente: Autores.

3.5.2 Relé de precarga.

El relé de precarga tiene la misión de proteger al inversor de corriente de alguna sobrecarga al principio de funcionamiento. Para verificar su funcionamiento en la tabla 18 se pueden divisar los valores característicos del relé de precarga de alta tensión.

Tabla 18: Valores del relé de precarga.

Elemento		Especificación
ON	Voltaje nominal (V)	450
	Amperio nominal (A)	10
	Caída de voltaje (V)	Menos de 0,5 (10A)
BOBINA	Tensión de funcionamiento (V)	12
	Resistencia (Ω)	104.4 ~ 127.6 (20°C)
	Voltaje nominal (V)	450

Fuente: Autores.

En la tabla 19, se exponen los valores característicos de la resistencia de precarga, al momento de realizar las comprobaciones se debe tener en cuenta que los valores estén dentro de lo establecido.

Tabla 19: Valores del resistor de precarga.

Elemento		Especificación
BOBINA	Capacidad (W)	60
	Resistencia [Ω]	30

Fuente: Autores.

3.5.3 Relé del calefactor de la batería de alta tensión.

Los valores para realizar las comprobaciones del relé calefactor de la batería de alta tensión se exponen en la tabla 20.

Tabla 20: Valores del relé del calefactor de precarga.

Elemento		Especificación
ON	Voltaje nominal (V)	450
	Corriente nominal (A)	10
	Caída de voltaje (V)	Menos de 0,5 (200A)
BOBINA	Voltaje de funcionamiento (V)	12
	Resistencia [Ω]	104.4 ~ 127.6 (20°C)
	Voltaje nominal (V)	450

Fuente: Autores.

3.5.4 Calefactor del módulo.

El sensor calefactor de la batería de alta tensión se encarga de monitorear la temperatura del módulo y se puede comprobar la resistencia para verificar su funcionalidad, los valores característicos se muestran en tabla 21. Los valores de resistencia del calefactor varían de acuerdo la temperatura del medio donde se realice la medición

Tabla 21: Valores del sensor de temperatura del calefactor.

Temperatura	Resistencia (kΩ)	Tolerancia (°)
10	18,07	+2,0
20	12,11	+1,6
30	8,303	+1,2

Fuente: Autores.

Así, también se puede comprobar la resistencia del calefactor de los módulos de 14 y 10 celdas; los valores característicos de medición de resistencia se indican en las tablas 22 y 23 respectivamente.

Tabla 22: Calefactor del módulo de 14 celdas.

Elemento	Especificación
Resistencia [Ω]	26~ 29

Fuente: Autores.

Tabla 23: Calefactor del módulo de 10 celdas.

Elemento	Especificación
Resistencia [Ω]	16~ 18

Fuente: Autores.

3.6 CARACTERIZACIÓN DEL RAD.

El RAD es un sistema de seguridad del módulo que desconecta el circuito en caso de existir una sobrecarga en el sistema. Los valores característicos de resistencia del RAD se exponen en la tabla 24.

Tabla 24: Valores de RAD.

Elemento	Especificación
Resistencia del RAD (Ω)	Menos de 3
Posición del interruptor RAD	Fondo

Fuente: Autores

CONCLUSIONES

- ✓ Con los resultados obtenidos en el presente proyecto de titulación, se instituye que se efectúa el propósito del objetivo general planteado, es decir, que el manual de procedimiento de mantenimiento para la batería de alta tensión del Kia Soul tiene la capacidad de describir las funciones de todos sus elementos internos como sus valores característicos de voltaje y resistencia.
- ✓ Mediante la fundamentación teórica del funcionamiento de cada uno de los elementos que compone las baterías de alta tensión se logró conocer dichas actividades previas y posteriores que se deben tomar en cuenta al momento de manejar este tipo de baterías, de igual manera los procesos con los cuales debemos seguir para el manejo correcto de los elementos y despiece de los elementos más importantes que almacenan la energía como son los módulos de batería.
- ✓ El manual del proceso de mantenimiento de la batería de alta tensión del Kia Soul presenta un proceso experimental técnico del desmontaje y el manejo adecuado de todos los elementos internos de la batería, además en el mismo se identifica el funcionamiento de los elementos internos y sus valores de tensión, todo lo antes mencionado representa una mayor eficiencia durante el proceso de mantenimiento.
- ✓ Se obtuvieron valores característicos de voltaje y resistencia de los diferentes elementos internos de la batería de alta tensión del Kia Soul de manera experimental tomando en cuenta los valores señalados por el fabricante, para establecer con estos un criterio técnico de diagnóstico eficiente del estado de los componentes de la batería.
- ✓ Para facilitar al ingeniero o técnico profesional entender cada una de las conexiones de estos elementos que lo conforman y así poder realizar su mantenimiento con mayor entendimiento, mediante el proceso de desmontaje de los elementos internos de la batería de alta tensión se realizó diagramas y esquemas de pasos a seguir para el mantenimiento.

RECOMENDACIONES

- ✓ Al momento de generar el manual tomar en cuenta los procesos más significativos y de mayor prioridad haciendo siempre con el uso de un multímetro para verificar continuidad y tensión nominal en cada uno de los elementos, con la obtención de datos se logra obtener parámetros para luego compararlos con la fundamentación teórica y así establecer si el componente se encuentra en buena o mala condición y que tipo de mantenimiento se debería dar o hacer el reemplazo del mismo.
- ✓ Cuando no se utilice la batería de alta tensión durante periodos extendidos de 3 meses, generar una carga de tensión de las celdas entre 3.5/3,8 V, pero nunca realizar una descarga completa esto puede generar un deterioro de las celdas, el conjunto de celdas deberá ser guardadas en un lugar hermético.
- ✓ Antes de comenzar con el proceso de mantenimiento es recomendable esperar un debido tiempo luego de haber desconectado la batería, para que se produzca la descarga total de los componentes tales como el bloque de conexiones de alta tensión, los módulos ya que al ser todo este un conjunto que almacena alta concentración de energía posee condensadores.
- ✓ Al momento de manipular las baterías se debe tener en cuenta el uso de herramientas y vestimenta deben ser las adecuadas, ya que este al ser un elemento que posee alta tensión y un mal manejo de estos componentes puede causar graves daños e incluso la muerte de quien los manipula.
- ✓ Para la ejecución de futuras investigaciones se debe tomar en cuenta que es indispensable el conocimiento acerca de este tipo de baterías que posee alta tensión, otro de los principales aspectos son las herramientas de trabajo que deben estar completamente aisladas de lo contrario podría ocurrir un accidente, también se debe hacer énfasis en lo que respecta al reciclaje de cualquier células o parte de esta batería y se recomienda hacer un análisis de estos componentes ya que se podría dar una utilización nueva.

BIBLIOGRAFÍA

- Armijos, E., & Maurad, J. (2018). Caracterización de los sistemas del vehículo eléctrico KIA Soul EV. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Arnaiz, I. S. (Junio de 2015). *ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN Y EL IMPACTO DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA ECONOMÍA EUROPEA*. Obtenido de comillas.edu: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/3803/TFG001112.pdf>
- Ecuador, A. d. (2019). *aeade*. Recuperado el 2 de Junio de 2019, de aeade: <http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2019/05/boletin-32-espanol-resumido.pdf>
- Fernando Antonio, P. J. (2013). MANUAL DE BATERÍAS Y ACUMULADORES. 34.
- Giovanny Javier, H. O. (Agosto de 2016). *repositorio.ute.edu.ec*. Obtenido de repositorio.ute.edu.ec: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14205/1/67182_1.pdf
- Guido Javier, I. P., & Leonardo Vinicio, S. J. (2018). *dspace.ups.edu.ec*. Obtenido de dspace.ups.edu.ec: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16598/1/UPS-CT008053.pdf>
- JoeriVan Mierlo, J. J. (21 de Mayo de 2019). *sciencedirect*. Obtenido de sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261919310177#ab005>
- Jorge Pavel, O. S., & Leonardo Gabriel, N. A. (2010). *MANTENIMIENTO DE SISTEMAS ELECTRICOS DE DISTRIBUCION*. GUAYAQUIL: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.
- Juanpch. (13 de 02 de 2015). *forosecuador*. Obtenido de forosecuador: <http://www.forosecuador.ec/forum/aficiones/autos-y-motos/10252-kia-soul-el%C3%A9ctrico-en-ecuador>
- Kia. (28 de 08 de 2019). *Kia Service*. Obtenido de <https://www.kia-hotline.com/manualV2/content/view?printFlag=1&oriMnuKCd=SHOP&imgMethod=original&popupVehlTypeCd=PA>
- Lorena Tapia, N. (23 de Abril de 2013). *suia.ambiente.gob.ec*. Obtenido de suia.ambiente.gob.ec: http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/249439/AM+022+GESTION_PILAS_USA_DAS.pdf/12b3e79b-0cca-4f52-a33e-27a4f1d80371#targetText=Plan%20de%20Gesti%C3%B3n%20Integral%20de%20Pilas%20Usadas.%2D%20Es%20el%20instrumento,y%2Fo%20disposici%C3%B3n%20final%20con

- Maurad Yubi, J. C., & Armijos Illescas, E. M. (2018). *dspace.ups.edu.ec*. Obtenido de dspace.ups.edu.ec: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15364/4/UPS-CT007551.pdf>
- Narvaez Murillo Brayan Mauricio, T. M. (2019). *MODELADO MATEMATICO PARA LA PREDICCIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LA BATERIA DE ALTO VOLTAJE DEL VEHICULO ELECTRICO KIA SOUL MEDIANTE CICLOS EXPERIMENTALES DE CARGA Y DESCARGA*. CUENCA: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.
- Pedro Xavier, F. P. (2018). *Estudio del funcionamiento del conjunto de baterías del Kia Soul EV*. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz.
- Pizarro Zambrano, G. A., & Tinoco Carrion, J. A. (2019). *dspace.ups.edu.ec*. Obtenido de dspace.ups.edu.ec: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17379/4/UPS-CT008295.pdf>
- Randall, T. (24 de Febrero de 2016). *bloomberg*. Obtenido de bloomberg: <https://www.bloomberg.com/features/2016-ev-oil-crisis/>
- Rubén, F. (10 de Diciembre de 2018). *Autocasion*. Obtenido de Autocasion: <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/cual-es-el-mantenimiento-de-un-coche-electrico>
- Saavedra Guarderas, J. A., & Sibri Lazo, J. G. (Marzo de 2018). *dspace.ups.edu.ec*. Obtenido de dspace.ups.edu.ec: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16285/1/UPS-CT007928.pdf>