



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión
utilizados en vehículos híbridos y eléctricos**

Cajas Parra, Juan Francisco y Gualoto Toapanta, Jonathan Armando

Departamento de energía y Mecánica

Carrera de ingeniería automotriz

Trabajo de la Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de
Ingeniero Automotriz

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán MSc.

23 de febrero de 2024

Latacunga



tesis baterias electricas cajas gualot...



Scan details

Scan time: February 22th, 2024 at 18:20 UTC Total Pages: 105 Total Words: 26225

Plagiarism Detection

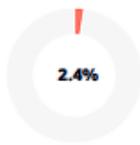


Table with 3 columns: Types of plagiarism, Percentage, Words. Rows include Identical (2.1%, 542), Minor Changes (0%, 0), Paraphrased (0%, 0), and Omitted Words (15.3%, 4025).

AI Content Detection



Text coverage: AI text, Human text

Plagiarism Results: (12)

Copleaks Internal Database 1% No introduction available.

Copleaks Internal Database 0.9% 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Copleaks Internal Database 0.8% 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Copleaks Internal Database 0.6% Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de la unidad de integración curricular: **“Procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión utilizados en vehículos híbridos y eléctricos”** fue realizado por los señores **Cajas Parra Juan Francisco y Gualoto Toapanta Jonathan Armando**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de febrero de 2024

Firma



.....
Ing. G. Erazo
0501432637
Ing. Erazo Laverde Washington Germán MSc.

C. C. 0501432637



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Cajas Parra Juan Francisco y Gualoto Toapanta Jonathan Armando**, con cédulas de ciudadanía 1727505669 y 1752222651, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión utilizados en vehículos híbridos y eléctricos”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 23 de febrero de 2024

Firma

Cajas Parra Juan Francisco

C. C. 1727505669

Firma

Gualoto Toapanta Jonathan Armando

C. C. 1752222651



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros, **Cajas Parra Juan Francisco y Gualoto Toapanta Jonathan Armando**, con cédulas de ciudadanía 1727505669 y 175222265, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión utilizados en vehículos híbridos y eléctricos”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 23 de febrero de 2024

Firma

Cajas Parra Juan Francisco

C. C. 1727505669

Firma

Gualoto Toapanta Jonathan Armando

C. C. 1752222651

Dedicatoria

Este trabajo de titulación se las dedico especialmente a mis padres que han sido la motivación y el motor para seguir firme en las decisiones de la carrera. A mis hermanos que dándome su ejemplo han sido el combustible para ser mi motivación y perseguir mis sueños

Cajas Parra Juan Francisco

Agradecimiento

Agradezco a Dios primero por brindarme salud y vida en estos años universitarios, siendo un pilar para las decisiones encomendadas en este camino.

A mis padres, día a día que me han sabido brindar su cariño y apoyo emocional y económico, forjándome como una persona más crítica y consiente.

A mis hermanos que con una palabra de aliento y motivación han estado inculcándome ejemplo para ser más perseverante en esta etapa universitaria

Dedicatoria

Esta tesis se la dedico con todo cariño a mi madre Jeaneth y a mi padre Luis, que me han apoyado para llegar hasta este momento de mi vida, gracias al esfuerzo y sacrificio constante que me han sabido brindar guiándome en cada paso que doy y motivándome siempre a seguir adelante.

Jonathan Armando Gualoto Toapanta

Agradecimientos

Agradezco a mi madre, padre y hermanos por sus constantes ánimos y apoyo incondicional en el transcurso de estos cinco años de estudio universitario, por sus consejos y enseñanzas.

A todos mis docentes quienes a través de su cátedra formaron una parte importante en mi etapa universitaria impartiendo sus conocimientos y anécdotas, por su apoyo y amistad sin dejar de lado la exigencia para hacer posible esta exitosa culminación de mi carrera.

A mis amigos y compañeros que me acompañaron durante toda mi carrera, ayudándome cuando más lo necesitaba, brindándome su tiempo y apoyo.

Jonathan Armando Gualoto Toapanta

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	8
Agradecimientos	9
Índice de contenido.....	10
Índice de figuras	18
Índice de tablas	22
Índice de ecuaciones	24
Resumen.....	25
Abstract	26
Capítulo I: Marco metodológico de los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión	27
Antecedentes investigativos	27
Planteamiento del problema	28
Justificación e importancia	29
Objetivos.....	30
<i>Objetivo general</i>	30

<i>Objetivos específicos</i>	31
Metas del proyecto	31
Hipótesis	31
VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	31
<i>Variable independiente</i>	31
<i>Variable dependiente</i>	31
Metodología de desarrollo del proyecto.	32
Capítulo II: Marco teórico proceso de operación, diagnóstico y mantenimiento	34
Introducción a la Movilidad Eléctrica:	34
Tablas comparativas de gasolina y eléctricos	35
Baterías de alta tensión en movilidad eléctrica	36
Estado de arte de las baterías para vehículos eléctricos	37
Baterías de ion de litio	39
Baterías de níquel metal hidruro	40
Evolución de las baterías utilizadas en la movilidad eléctrica	40
<i>La pila voltaica</i>	40
<i>La Celda Daniell</i>	41
<i>Batería recargable Plomo Acido</i>	41
<i>Batería de Níquel</i>	43
<i>Baterías de ION- Litio</i>	44
Tipos de baterías de litio	46
<i>Ion de litio</i>	46
<i>Polímero de litio</i>	48

<i>Litio hierro-fosfato</i>	49
Parámetros principales de las baterías usadas en VE y VHE	51
<i>Tensión por celda</i>	51
<i>Tasa de autodescarga</i>	51
<i>Capacidad de descarga en continua</i>	52
<i>Capacidad de descarga por picos</i>	52
<i>Seguridad</i>	52
<i>Eficiencia</i>	52
<i>Mantenimiento</i>	52
<i>Vida cíclica</i>	53
<i>Densidad energética [w/l] Y energías específicas [w/kg]</i>	53
<i>Curva de carga y descarga</i>	53
<i>Voltaje nominal, mínimo y máximo</i>	55
<i>Ecualización</i>	56
Parámetros que definen el estado de la batería	56
<i>Estado de carga (SOC)</i>	56
<i>Profundidad de descarga (DSOC)</i>	57
<i>Estado de salud (SOH)</i>	58
<i>Resistencia Interna</i>	58
Tipos de batería usados por la Marca Toyota	59
<i>Batería HV del Toyota Prius 2001-2004 segunda generación</i>	59
<i>Batería HV del Toyota Prius 2004-2009 tercera generación</i>	59
<i>Batería HV del Toyota Prius 2010 tercera generación</i>	59
<i>Batería HV del Toyota Prius C</i>	60
<i>Batería HV del Toyota Highlander</i>	60

Constitución de la batería del Toyota Prius.....	61
<i>Sensores de temperatura</i>	<i>61</i>
<i>Sistema de relés de la batería de alta tensión</i>	<i>62</i>
<i>Resistencia.....</i>	<i>63</i>
<i>Sensor de corriente de la batería.....</i>	<i>63</i>
<i>Computadora (ecu) de la batería.....</i>	<i>63</i>
Cuidades durante el diagnóstico y mantenimiento	64
Reutilización y Reciclaje	65
<i>Reutilización.....</i>	<i>65</i>
<i>Reciclaje de las baterías.....</i>	<i>67</i>
Políticas y medidas de reciclaje	69
<i>Políticas en Estados Unidos</i>	<i>69</i>
<i>Políticas en la UE</i>	<i>70</i>
<i>Políticas en Japón</i>	<i>70</i>
<i>Políticas en China</i>	<i>70</i>
<i>Tendencias</i>	<i>70</i>
<i>Metal-Aire</i>	<i>71</i>
<i>Litio-Azufre.....</i>	<i>72</i>
<i>Sodio-Ion</i>	<i>72</i>
Capítulo III: Protocolo del proceso de operación, diagnóstico y mantenimiento	73
Materiales y equipos	73
Verificación y análisis de la batería.....	76
Procedimiento y funcionamiento del módulo de carga y descarga.....	76
Diagnóstico y mantenimiento Toyota Prius 28 packs.....	77

<i>Análisis y procedimiento previo al proceso de mantenimiento de la batería</i>	77
<i>Estado físico y desarmado de la batería</i>	79
<i>Mantenimiento preventivo de la batería</i>	80
<i>Balanceo de los packs</i>	82
<i>Voltaje después de ser balanceadas</i>	83
<i>Proceso de carga y descarga</i>	84
<i>Graficas de Voltaje, corriente y resistencia</i>	86
<i>Voltaje después del proceso de carga y descarga</i>	87
<i>Voltaje después del balanceo</i>	87
<i>Tabla resumen del proceso</i>	88
<i>Reparación y reemplazo de partes dañadas</i>	89
<i>Armado y comprobación de parámetros</i>	89
<i>Cálculos de la batería</i>	91
<i>Análisis de resultados</i>	93
Diagnóstico y mantenimiento Toyota Highlander 30 packs	94
<i>Análisis y procedimiento previo al proceso de mantenimiento de la batería</i>	94
<i>Medición inicial del voltaje</i>	95
<i>Estado físico y desarmado de la batería</i>	96
<i>Mantenimiento preventivo de la batería</i>	98
<i>Reanimación de packs</i>	98
<i>Proceso de carga y descarga</i>	99
<i>Graficas de Voltaje, corriente y resistencia</i>	100
<i>Armado y comprobación de parámetros batería Highlander</i>	104
<i>Cálculos de la batería</i>	104
<i>Análisis de resultados</i>	106

Diagnóstico y mantenimiento Toyota Prius Gen 2 3 (Baterías cilíndricas)	108
<i>Análisis y procedimiento previo al proceso de mantenimiento de la batería.....</i>	<i>108</i>
<i>Medición inicial del voltaje.....</i>	<i>109</i>
<i>Estado físico y desarmado de la batería</i>	<i>110</i>
<i>Proceso de carga y descarga.....</i>	<i>111</i>
<i>Voltaje después del proceso de carga y descarga</i>	<i>111</i>
Armado y comprobación de parámetros Toyota Prius Gen 2 3 (Baterías cilíndricas)..	112
<i>Cálculos de la batería</i>	<i>113</i>
<i>Análisis de resultados</i>	<i>114</i>
Diagnóstico y mantenimiento Prototipo Formula eléctrico.....	115
<i>Análisis y procedimiento previo al proceso de mantenimiento de la batería.....</i>	<i>115</i>
<i>Medición inicial del voltaje.....</i>	<i>116</i>
Diagnóstico y mantenimiento de Prototipo tubular	117
<i>Análisis y procedimiento previo al proceso de mantenimiento de la batería.....</i>	<i>117</i>
<i>Medición inicial del voltaje.....</i>	<i>118</i>
Análisis con escáner.....	119
Informe de flujo de datos	119
HC Control Hibrido	119
Escáner THINKART	120
Modo de empleo del escáner automotriz.....	120
Diagnostico con escáner al Toyota Prius PHV	127
<i>Datos generales del vehiculo.....</i>	<i>128</i>
<i>Flujo de datos del Sistema HC.....</i>	<i>128</i>

<i>Análisis del flujo de datos</i>	131
<i>Resistencia interna</i>	131
<i>Temperatura de la batería</i>	132
<i>Voltaje de la batería</i>	132
Diagnostico con escáner al Toyota Prius C	133
<i>Datos generales del vehiculo</i>	133
<i>Flujo de datos del Sistema HC</i>	133
<i>Análisis del flujo de datos</i>	135
<i>Resistencia interna</i>	136
<i>Temperatura de la batería</i>	136
<i>Voltaje de la batería</i>	137
Diagnostico con escáner al Toyota Corolla Cross	137
<i>Datos generales del vehículo</i>	137
<i>Flujo de datos del Sistema HC</i>	138
<i>Análisis del flujo de datos</i>	140
<i>Resistencia interna</i>	141
<i>Temperatura de la batería</i>	141
<i>Voltaje de la batería</i>	142
Capítulo IV: Marco administrativo	143
Recursos	143
<i>Recursos humanos</i>	143
<i>Recursos tecnológicos</i>	143
<i>Recursos materiales</i>	144
Análisis de costos del proyecto de investigación	144

Análisis costo-beneficio	145
Conclusiones	146
Recomendaciones	148
Bibliografía	149
Anexos.....	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Movilidad eléctrica</i>	35
Figura 2 <i>Reacción química</i>	38
Figura 3 <i>Energía vs Potencia específica de las baterías</i>	39
Figura 4 <i>Batería de plomo ácido</i>	42
Figura 5 <i>Batería de níquel cadmio modelo s107</i>	44
Figura 6 <i>Batería de ion-litio en vehículos eléctricos</i>	46
Figura 7 <i>Batería de polímero de litio</i>	49
Figura 8 <i>Batería de Litio Hierro Fosfato</i>	51
Figura 9 <i>Curvas de descarga mAh/V de la batería de Litio ion</i>	54
Figura 10 <i>Tipos de baterías de alta tensión</i>	55
Figura 11 <i>Batería Toyota Highlander</i>	61
Figura 12 <i>Sensores de temperatura de Toyota Pruis</i>	62
Figura 13 <i>Sistema de relés del módulo de batería</i>	62
Figura 14 <i>Sensor de corriente de la batería</i>	63
Figura 15 <i>Etiquetas de seguridad</i>	65
Figura 16 <i>Economía circular de las baterías</i>	66
Figura 17 <i>Composición en peso medio de una BLI</i>	69
Figura 18 <i>Perspectivas de los nuevos diseños de celdas</i>	71
Figura 19 <i>Página principal del módulo de carga y descarga</i>	76
Figura 20 <i>Voltaje inicial del Pack N°1</i>	78
Figura 21 <i>Voltajes de los 28 packs de batería</i>	78
Figura 22 <i>Estado inicial de la batería</i>	79
Figura 23 <i>Sulfatación en las chapas</i>	79

Figura 24 <i>Sulfatación en la conexión del Jumper</i>	79
Figura 25 <i>Extracción de las chapas</i>	80
Figura 26 <i>Desarmado de sensores y ductos de ventilación</i>	80
Figura 27 <i>Cableado de los medidores de voltaje</i>	81
Figura 28 <i>Chapas sulfatadas</i>	81
Figura 29 <i>Chapas restauradas</i>	81
Figura 30 <i>Batería sin cableado</i>	82
Figura 31 <i>Packs sueltos</i>	82
Figura 32 <i>Balanceo de packs</i>	83
Figura 33 <i>Voltaje después del balanceo Pack 16</i>	83
Figura 34 <i>Voltaje después del balanceo Toyota Prius PHV</i>	84
Figura 35 <i>Conexión de los packs Toyota Prius PHV al módulo de carga y descarga</i>	84
Figura 36 <i>Página principal del módulo de control de carga y descarga Toyota Prius PHV</i>	85
Figura 37 <i>Procesos generales del módulo de control de carga y descarga Toyota Prius PHV</i> .	85
Figura 38 <i>Procesos individuales Toyota Prius PHV Batería en buen estado</i>	86
Figura 39 <i>Procesos individuales Toyota Prius PHV Batería defectuosa</i>	86
Figura 40 <i>Voltaje después de la carga y descarga Pack 14</i>	87
Figura 41 <i>Montaje de los packs en la carcasa</i>	89
Figura 42 <i>Inspección de la carcasa</i>	90
Figura 43 <i>Voltaje Packs 1-9</i>	90
Figura 44 <i>Voltaje Packs 10-28</i>	90
Figura 45 <i>Voltaje inicial de la batería</i>	95
Figura 46 <i>Voltajes de los 28 packs de batería</i>	96
Figura 47 <i>Estado inicial de la batería</i>	96
Figura 48 <i>Desarmado parcial de la batería</i>	97
Figura 49 <i>Batería Highlander desarmada completamente</i>	97

Figura 50 <i>Chequeo de chapas de sus terminales</i>	97
Figura 51 <i>Chapas de la batería Highlander</i>	98
Figura 52 <i>Pack de 12 sin las conexiones</i>	98
Figura 53 <i>Conexión de un modelo de 12 pack en corto circuito</i>	99
Figura 54 <i>Vista del módulo prensado y conectado al módulo de carga y descarga</i>	99
Figura 55 <i>Página principal Toyota HighLander</i>	100
Figura 56 <i>Procesos generales Toyota HighLander</i>	100
Figura 57 <i>Batería en buen estado Toyota HighLander</i>	101
Figura 58 <i>Batería defectuosa Toyota HighLander</i>	101
Figura 59 <i>Voltaje después del proceso de carga y descarga</i>	102
Figura 60 <i>Voltajes de los 30 packs de batería después de la carga</i>	102
Figura 61 <i>Armado de baterías highlander</i>	104
Figura 62 <i>Valores porcentuales de SOH y SOC</i>	107
Figura 63 <i>Estado inicial de la batería con packs cilíndricos</i>	108
Figura 64 <i>Enumeración de las baterías cilíndricas</i>	108
Figura 65 <i>Voltaje inicial del Pack N°1</i>	109
Figura 66 <i>Voltajes de los 14 packs de baterías cilíndricas</i>	110
Figura 67 <i>Vista lateral de la batería con packs cilíndricos</i>	110
Figura 68 <i>Chequeo de chapas de sus terminales</i>	110
Figura 69 <i>Conexión de la batería cilindra al módulo de carga y descarga</i>	111
Figura 70 <i>Voltajes de los 14 packs de la Batería Cilíndrica</i>	112
Figura 71 <i>Sensor de temperatura Batería Cilíndrica</i>	112
Figura 72 <i>Estado inicial de la batería del prototipo formula SAE</i>	116
Figura 73 <i>Voltaje inicial de un pack</i>	116
Figura 74 <i>Voltajes de los 24 packs de baterías del prototipo formula</i>	117
Figura 75 <i>Estado inicial de la batería del prototipo tubular</i>	118

Figura 76 <i>Voltajes de los 24 packs de baterías del prototipo formula</i>	119
Figura 77 <i>Escáner TINKART</i>	120
Figura 78 <i>Puerto OBD</i>	121
Figura 79 <i>Selección de marca</i>	121
Figura 80 <i>Sincronización con el módulo táctil</i>	122
Figura 81 <i>Selección del PIN de entrada de datos</i>	122
Figura 82 <i>Selección del modelo del vehículo</i>	123
Figura 83 <i>Selección del año de fabricación</i>	123
Figura 84 <i>Selección del modo de trabajo automatizado</i>	124
Figura 85 <i>Información entrega por la ECU</i>	124
Figura 86 <i>Esquema de sistemas del vehículo</i>	125
Figura 87 <i>Escaneo inteligente</i>	125
Figura 88 <i>Completar información</i>	126
Figura 89 <i>Informe de diagnóstico del vehículo</i>	126
Figura 90 <i>Menú del OBD 2</i>	127
Figura 91 <i>Selección de flujo de datos</i>	127
Figura 92 <i>Resistencia interna</i>	131
Figura 93 <i>Voltajes de la batería</i>	132
Figura 94 <i>Resistencia interna Toyota Prius C</i>	136
Figura 95 <i>Voltajes de la batería</i>	137
Figura 96 <i>Resistencia interna</i>	141
Figura 97 <i>Voltajes de la batería</i>	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Comparativa de parámetros básicos de un MCI y un eléctrico</i>	36
Tabla 2 <i>Voltajes y Reacciones del Cátodo y Ánodo</i>	47
Tabla 3 <i>Ventajas y desventajas de las baterías de ion-Litio</i>	48
Tabla 4 <i>Comparativa de diferentes tipos de baterías usadas en VHE y VE</i>	54
Tabla 5 <i>Métodos de reciclaje de las baterías de Litio</i>	68
Tabla 6 <i>Materiales y equipos</i>	73
Tabla 7 <i>Parámetros principales Toyota Prius PHV</i>	77
Tabla 8 <i>Voltaje inicial Batería Toyota Prius PHV 1-14</i>	78
Tabla 9 <i>Voltaje inicial Batería Toyota Prius PHV 15-28</i>	78
Tabla 10 <i>Voltaje después del balanceo Batería Toyota Prius PHV 1-14</i>	83
Tabla 11 <i>Voltaje después del balanceo Batería Toyota Prius PHV 15-28</i>	83
Tabla 12 <i>Voltaje después de la carga y descarga Batería Toyota Prius 1-14</i>	87
Tabla 13 <i>Voltaje después de la carga y descarga Batería Toyota Prius 15-28</i>	87
Tabla 14 <i>Tabla resumen del proceso de mantenimiento Toyota Prius PHV</i>	88
Tabla 15 <i>Comparación de parámetros eléctricos Toyota Prius PHV</i>	93
Tabla 16 <i>SOC y SOH del Toyota Prius</i>	94
Tabla 17 <i>Características de la batería Highlander</i>	94
Tabla 18 <i>Voltaje inicial de la Batería Toyota Highlander 1-14</i>	95
Tabla 19 <i>Voltaje inicial de la Batería Toyota Highlander 15-30</i>	95
Tabla 20 <i>Voltaje después de carga de la Batería Toyota Highlander 1-14</i>	102
Tabla 21 <i>Voltaje después de carga de la Batería Toyota Highlander 15-30</i>	102
Tabla 22 <i>Tabla resumen del proceso de mantenimiento Toyota Highlander</i>	103
Tabla 23 <i>Comparación de parámetros eléctricos Toyota Highlander</i>	107
Tabla 24 <i>SOC y SOH de la batería de Toyota Highlander</i>	107
Tabla 25 <i>Características de la batería Toyota Prius Gen 2 3</i>	108

Tabla 26 <i>Voltaje inicial de la Batería Cilíndrica Toyota Highlander 1-7</i>	109
Tabla 27 <i>Voltaje inicial de la Batería Cilíndrica Toyota Highlander 8-14</i>	109
Tabla 28 <i>Voltaje después de la carga y descarga Batería Cilíndrica</i>	111
Tabla 29 <i>Voltaje después de la carga y descarga Batería Cilíndrica</i>	111
Tabla 30 <i>Comparación de parámetros eléctricos Toyota Highlander</i>	115
Tabla 31 <i>SOC y SOH de la batería de Toyota Highlander</i>	115
Tabla 32 <i>Características de la batería Prototipo Formula SAE eléctrico</i>	116
Tabla 33 <i>Voltaje inicial de la Batería prototipo formula SAE 1-12</i>	117
Tabla 34 <i>Voltaje inicial de la Batería prototipo formula SAE 13-24</i>	117
Tabla 35 <i>Características de la batería Prototipo tubular</i>	118
Tabla 36 <i>Voltaje inicial de la Batería prototipo formula 1-12</i>	118
Tabla 37 <i>Voltaje inicial de la Batería prototipo formula 13-24</i>	118
Tabla 38 <i>Datos generales del vehiculo</i>	128
Tabla 39 <i>Flujo de datos HC</i>	128
Tabla 40 <i>Temperaturas de la batería</i>	132
Tabla 41 <i>Datos generales del Toyota Prius C</i>	133
Tabla 42 <i>Flujo de datos HC Prius C</i>	133
Tabla 43 <i>Temperaturas de la batería</i>	136
Tabla 44 <i>Datos generales del vehículo Corolla</i>	137
Tabla 45 <i>Flujo de datos HC</i>	138
Tabla 46 <i>Temperaturas de la batería</i>	141
Tabla 47 <i>Recursos Humanos</i>	143
Tabla 48 <i>Recursos Tecnológicos</i>	143
Tabla 49 <i>Recursos Materiales</i>	144
Tabla 50 <i>Análisis de Costos del Proyecto de Investigación</i>	144

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Estado de carga SOC</i>	56
Ecuación 2 <i>Estado de descarga DSOC</i>	57
Ecuación 3 <i>Cálculo del DSOC</i>	57
Ecuación 4 <i>Estado de salud</i>	58
Ecuación 5 <i>Resistencia interna</i>	59

Resumen

La batería de alto voltaje es una parte fundamental en los vehículos híbridos y eléctricos ya que esta es la encargada de almacenar y proporcionar el voltaje necesario para que el vehículo pueda moverse. Por ende, es necesario que este elemento esté a pleno funcionamiento. Factores como la temperatura, ciclos de carga y el uso indebido del vehículo hacen que el estado de la batería se degrade. En este caso se hizo un estudio de cómo se debe realizar un diagnóstico correcto del sistema híbrido del vehículo, se analizaron flujo de datos y PID's del sistema. Se comprobaron los parámetros que permiten determinar cuál es el estado de la batería. Se realizó el mantenimiento a las baterías de alta tensión que se encontraban deterioradas, se midió el voltaje inicial de cada pack y se procedió a realizar el mantenimiento respectivo el cual consistía en realizar un proceso de carga y descarga en la batería. Para realizar dicho proceso se utilizó un módulo que hace el mantenimiento automático y genera gráficas características de la batería (voltaje, corriente y resistencia), lo que facilitó el análisis de resultados. Una vez finalizado el mantenimiento se hizo una comparación del antes y después de los parámetros de la batería y se comprobó que estas fueron repotenciadas.

Palabras clave: Batería de alta tensión, vehículos híbridos y eléctricos, proceso de carga y descarga.

Abstract

The high voltage battery is a fundamental part of hybrid and electric vehicles since it is responsible for storing and providing the voltage necessary for the vehicle to move. Therefore, it is necessary that this element is fully operational. Factors such as temperature, charging cycles and improper use of the vehicle cause the state of the battery to degrade. In this case, a study was made on how to perform a correct diagnosis of the vehicle's hybrid system, data flow and PID's of the system were analysed. The parameters that allow to determine the state of the battery were checked. High voltage batteries that were deteriorated were maintained, the initial voltage of each pack was measured, and the respective maintenance was carried out, which consisted of performing a charge and discharge process on the battery. To carry out this process, a module was used that performs automatic maintenance and generates characteristic graphs of the battery (voltage, current and resistance), which facilitated the analysis of the results. Once the maintenance was completed, a before and after comparison of the battery parameters was made and it was verified that the batteries were repowered.

Key words: High voltage battery, Hybrid and electric vehicles, Charging and discharging process.

Capítulo I

Marco metodológico de los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión utilizados en vehículos híbridos y eléctricos.

Antecedentes investigativos

En 2019, el gobierno ecuatoriano anunció planes para promover vehículos eléctricos e híbridos como parte de su estrategia de movilidad sostenible. Estos esfuerzos incluyeron incentivos fiscales y regulaciones para fomentar la importación y fabricación de vehículos eléctricos e híbridos en el país. (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables., 2019)

En Ecuador se comenzó a promover activamente la adopción de vehículos eléctricos e híbridos, realizando campañas de concienciación y educación sobre los beneficios ambientales y económicos de estos vehículos.

Las baterías de alta tensión utilizadas en vehículos híbridos eléctricos tienen una historia rica en desarrollo tecnológico. Aunque los primeros datan del siglo XIX, como el concepto de "tren eléctrico" de Thomas Parker en 1884, los avances significativos en las baterías de alta tensión comenzaron a tomar forma en la década de 1960.

Uno de los antecedentes clave es el trabajo pionero realizado por John B. Goodenough y Koichi Mizushima en la década de 1980. Juntos, desarrollaron la tecnología de las baterías de iones de litio (Li-ion), que marcó un hito en la capacidad de almacenamiento de energía. Este avance permitió el desarrollo de baterías más compactas y ligeras con una alta densidad de energía, lo que resultó esencial para la viabilidad de los vehículos híbridos eléctricos. (Goodenough & Mizushima, 1982)

Las baterías de alta tensión en vehículos híbridos eléctricos incluyen hitos tecnológicos clave en el desarrollo de baterías de iones de litio y níquel-metal hidruro, que han revolucionado la industria automotriz y allanado el camino para la movilidad eléctrica sostenible. (Sakai et al., 1994)

Planteamiento del problema

Las baterías de alta tensión desempeñan un papel crítico en la propulsión eléctrica de vehículos, como automóviles eléctricos e híbridos enchufables. Su correcta operación, diagnóstico y mantenimiento son esenciales para garantizar la eficiencia, la durabilidad y la seguridad de estos sistemas.

La operación de baterías de alta tensión implica la carga y descarga controlada de la energía eléctrica almacenada en estas baterías durante la conducción. El proceso de carga se lleva a cabo durante la regeneración de energía y la conexión a una fuente de alimentación, mientras que la descarga se produce cuando se utiliza la energía para propulsar el vehículo. Para optimizar la operación, se requiere un control sofisticado de la gestión de la batería (Plett, 2015).

El diagnóstico de baterías de alta tensión implica la evaluación constante del estado de la batería para detectar posibles problemas, como degradación, desequilibrio de celdas o fallos. Esto se logra mediante técnicas avanzadas, como la monitorización de la tensión, la corriente y la temperatura de las celdas de la batería, así como algoritmos de diagnóstico basados en modelos matemáticos (Plett, 2004b).

El mantenimiento de baterías de alta tensión se centra en prolongar la vida útil de la batería y garantizar su rendimiento óptimo. Esto implica la gestión activa de la temperatura de la batería, la prevención de la sobrecarga y la descarga excesiva, y la

corrección de desequilibrios entre celdas. Además, es importante llevar a cabo inspecciones regulares y pruebas de diagnóstico para detectar y abordar problemas a tiempo

El cumplimiento de estos procesos es fundamental para maximizar la duración y la eficiencia de las baterías de alta tensión utilizadas en la propulsión eléctrica, lo que a su vez contribuye a la viabilidad y la sostenibilidad de los vehículos eléctricos e híbridos.

Justificación e importancia

La justificación para abordar los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión en sistemas de propulsión eléctrica es fundamentalmente una cuestión de rendimiento, seguridad y sostenibilidad. La transición hacia la movilidad eléctrica ha acelerado la demanda de baterías de alta tensión en vehículos eléctricos e híbridos enchufables. Garantizar su operación eficiente y segura, junto con un mantenimiento adecuado, se justifica por varias razones:

Las baterías de alta tensión son fundamentales en la propulsión eléctrica y la eficiencia energética es clave para la autonomía de los vehículos. Una operación óptima y un mantenimiento adecuado aseguran que la energía se utilice de manera eficiente, lo que se traduce en una mayor autonomía (Baronti, 2013)

La movilidad eléctrica contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes locales. Garantizar la vida útil y el rendimiento de las baterías es esencial para maximizar el impacto ambiental positivo de esta tecnología (Tong, 2018).

Las baterías de alta tensión presentan riesgos de seguridad, como el riesgo de incendio o explosión en casos de mal funcionamiento. Un diagnóstico efectivo y

mantenimiento adecuado pueden reducir estos riesgos y mejorar la seguridad tanto para los conductores como para los técnicos de mantenimiento (Y. Chen et al., 2021).

La importancia de estos procesos radica en su impacto en la viabilidad y aceptación de la movilidad eléctrica. Un mantenimiento deficiente o una operación inadecuada de las baterías de alta tensión pueden disminuir la confiabilidad y aumentar los costos de propiedad, lo que podría desalentar la adopción de vehículos eléctricos. Además, una operación y mantenimiento efectivos pueden prolongar la vida útil de las baterías, lo que a su vez reduce los desechos electrónicos y los costos ambientales asociados (Berecibar, 2020).

El alcance de estos procesos abarca la operación cotidiana de vehículos eléctricos e híbridos enchufables, el monitoreo y diagnóstico continuo del estado de las baterías, y la implementación de procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo. Además, se extiende a la formación y capacitación de técnicos en la gestión segura de baterías de alta tensión y en la interpretación de datos de diagnóstico avanzado.

La importancia de estos procesos se refleja en la necesidad de garantizar la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad de la movilidad eléctrica a medida que los vehículos eléctricos continúan desempeñando un papel clave en la transición hacia una movilidad más limpia y eficiente.

Objetivos

Objetivo general

Investigar los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión utilizados en propulsión eléctrica.

Objetivos específicos

- Investigar información referente a baterías de alta tensión utilizados en movilidad eléctrica.
- Definir los parámetros de operación y comportamiento de baterías de alta tensión utilizados en movilidad eléctrica.
- Definiciones de PID's y flujos de datos de baterías de alta tensión.
- Protocolos de diagnóstico, reparación y mantenimiento de baterías de alta tensión.

Metas del proyecto

Realizar el diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión aplicadas en vehículos híbridos y eléctricos en función de normas y parámetros establecidos por los fabricantes con una precisión del 90%.

Hipótesis

La investigación de los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión utilizados en propulsión eléctrica permitirá tener a punto la instalación de almacenamiento de energía de vehículos con propulsión eléctrica

VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Variable independiente

- Baterías de alta tensión

Variable dependiente

- Procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento avanzado.

Metodología de desarrollo del proyecto.

El desarrollo de una metodología de investigación dará el sustento requerido para abordar los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión utilizadas en propulsión eléctrica en vehículos requiere la combinación de diversos métodos y técnicas de investigación. La metodología para seguir es la siguiente:

Se utilizará el método deductivo para formular hipótesis y teorías basadas en conocimientos previos sobre baterías de alta tensión y sistemas de propulsión eléctrica (Lu et al., 2017).

El método inductivo se aplicará para recopilar datos empíricos mediante pruebas y experimentos en baterías de alta tensión, lo que permitirá derivar conclusiones basadas en observaciones concretas (Garche et al., 2009).

Se desarrollarán experimentos controlados en laboratorio para evaluar el rendimiento y la vida útil de las baterías de alta tensión en condiciones específicas de carga y descarga (Rand, 2004).

Se llevarán a cabo pruebas y análisis en baterías de alta tensión, vehículos eléctricos equipados con estas baterías en situaciones de conducción real para obtener datos en condiciones prácticas (Wu et al., 2015).

Mediante el flujo de datos y equipos de medición de precisión se registran parámetros clave, como la tensión, la corriente, la temperatura y la capacidad de las baterías de alta tensión (Plett, 2004).

Con los datos recopilados y se aplicarán las técnicas de síntesis para comprender los patrones de comportamiento de las baterías (Lui et al., 2018).

Se empleará software de simulación y especificaciones para analizar el comportamiento de las baterías en diversas condiciones de operación y para evaluar estrategias de diagnóstico y mantenimiento (Sciarretta et al., 2010).

Se realizará entrevistas con ingenieros y expertos en la industria de vehículos eléctricos para obtener información cualitativa sobre prácticas de mantenimiento y diagnóstico (Zhang & Lee, 2011)

La metodología de investigación permitirá abordar de manera efectiva los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión en sistemas de propulsión eléctrica, proporcionando una base sólida para el estudio y la mejora de estas tecnologías en el contexto de vehículos eléctricos.

Capítulo II

Marco teórico proceso de operación, diagnóstico y mantenimiento de las baterías de alta tensión de vehículos híbridos y eléctricos

Introducción a la Movilidad Eléctrica:

Enel Perú, (2018) menciona que: “La movilidad eléctrica se fundamenta en la locomoción a través de un sistema eléctrico con un acumulador de energía, este contribuye con un gran impacto en los niveles de contaminación ambiental y reducción de tiempos de transporte”.

Según Arsuaga & Garcia, (2010), por vehículos eléctricos se entiende que son:

Todos aquellos que se enchufan a la red eléctrica para cargar sus baterías y que se mueven mediante algún motor eléctrico. Se incluyen por tanto motor, triciclos, bicicletas, cuadríciclos, coches, autobuses y vehículos de carga que cumplan la anterior condición.

(p.15)

López, (2023) Por lo tanto, se considera que la movilidad no para y más si esa movilidad es eléctrica. Cada vez más, la movilidad sostenible juega un papel estratégico y de creciente importancia como eje clave en el desarrollo económico y la calidad de vida de las ciudades, y al mismo tiempo por su contribución a paliar el cambio climático y a la calidad del aire.

La generación de movimiento en las nuevas tecnologías adaptadas por el ser humano se resume en las baterías de alta tensión, estas poseen grandes capacidades de acumulación y eficiencia energética al momento de introducir la tensión en la fuente o panel de ser necesario.

Megalópolis, (2021), La movilidad eléctrica permite identificar soluciones que contribuyan a disminuir o prevenir los impactos ambientales derivados del uso vehicular, ya que la mayoría de los automóviles dependen principalmente de combustibles fósiles como fuente de energía. De esa manera, disminuye la dependencia de los recursos no renovables, como el petróleo, contribuyendo con la diversificación de fuentes energéticas. Asimismo, en ese enfoque busca no

solo mitigar los problemas medioambientales asociados con la movilización, sino también reducir la explotación de recursos naturales. Entre las alternativas promovidas de la movilidad eléctrica se encuentran los vehículos eléctricos, por ende, el propósito de este permite la sociedad cumpla el rol de la sostenibilidad en el medio ambiente.

Así también, la movilidad eléctrica ha vigorizado el incremento de daños en la salud, según estudios del Gobierno Mexicano la Organización Mundial de la Salud (OMS), alrededor de 1,3 millones de persona mueren cada año de forma prematura como consecuencia de la contaminación atmosférica. Es decir, las emisiones contaminantes de los moteres de confusión interna provocan en la salud las disfunciones respiratorias. Por ende, la movilidad eléctrica no solo sería una opción sostenible, si no también, sería un beneficio para la humanidad.

Figura 1

Movilidad eléctrica



Nota. Vehículo eléctrico.

Tablas comparativas de gasolina y eléctricos

Leurent & Windisch, (2015) indican que, en diversos aspectos, la viabilidad de la movilidad eléctrica se sustenta en la consideración de los costos inherentes y los valores asociados con la distancia que los vehículos eléctricos pueden recorrer. No obstante, esta

consideración constituye tan solo un aspecto fundamental entre varios que deben ser meticulosamente analizados al contemplar la transición de la movilidad tradicional a la eléctrica. En la presente tabla se puede observar parámetros básicos entre un vehículo eléctrico y gasolina siendo estos dos modelos de Renault y observando lo siguiente:

Tabla 1

Comparativa de parámetros básicos de un MCI y un eléctrico

Concepto	Vehículo de combustión	Vehículo eléctrico
Costo de mantenimiento	861.86	538.73
Costo seguro	474.08	355.56
Energía consumida	750 lts. diésel	2,700 kWh
Precio por unidad de energía (libre de impuestos)	0,75	0,10
Costo total de la energía	563.51	270.44
Costo total	1,901	1,164

Nota. Tomado de (Leurent & Windisch, 2015)

Efectivamente, el análisis del costo total de propiedad de un vehículo eléctrico revela un consumo sustancialmente inferior en comparación con uno de motor de combustión interna. El ahorro neto, cifrado es \$737 al concluir la comparación, ejerce un impacto significativo en la decisión de optar por un modelo eléctrico. Este ahorro financiero no solo incide positivamente en consideraciones económicas, sino que también contribuye a la promoción de diversos aspectos que favorecen la elección de un vehículo eléctrico sobre uno de combustión interna.

Baterías de alta tensión en movilidad eléctrica

Donado, (2021) En los vehículos de transporte convencional, el uso de las baterías está limitado a suministrar corriente al motor de arranque y al sistema de encendido cuando se procede a la puesta en marcha del motor del automóvil, Esto es debido a que esta tecnología puede proporcionar elevadas intensidades en periodos cortos de tiempo. También puede

suministrar corriente a otros accesorios eléctrico del vehículo, como pueden ser la radio a los faros

En la batería de alto voltaje en un Vehículo Eléctrico o VE hay electricidad de alto voltaje (conocido normalmente como batería de alto voltaje). Generalmente, el sistema eléctrico de alto voltaje en los VEs modernos está compuesto por elementos tales como un motor eléctrico, un compresor, un convertidor, un sistema de climatización e inodoro automático. La tensión de la batería de alto voltaje depende del tipo de vehículo y el fabricante. Las baterías totalmente cargadas suelen tener tensiones eléctricas que oscilan entre los 60V y varios cientos de voltios. Esto puede llegar al rango superior para algunos coches híbridos enchufables. La elección exacta se basa en factores específicos como el modelo y el año del vehículo, así como el nivel de autonomía deseado.

Cabe recalcar, que las baterías de alta tensión transportan la energía que recolecta en sus celdas después de la carga externa, lo que permite que a través de esa transmisión de flujo sea mediante la de un conductor eléctrico en forma de cable coaxial, al computador central mismo que permite que se procese la información y se trasmite el flujo al motor eléctrico.

Estado de arte de las baterías para vehículos eléctricos

Durango & García (2023) mencionan que: La movilidad eléctrica ha experimentado un rápido avance en las últimas décadas, convirtiéndose en un área de investigación y desarrollo en constante evolución. En ese contexto, el estado del arte destaca el papel que desempeña la movilidad eléctrica como herramienta para alcanzar metas de des carbonización y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.

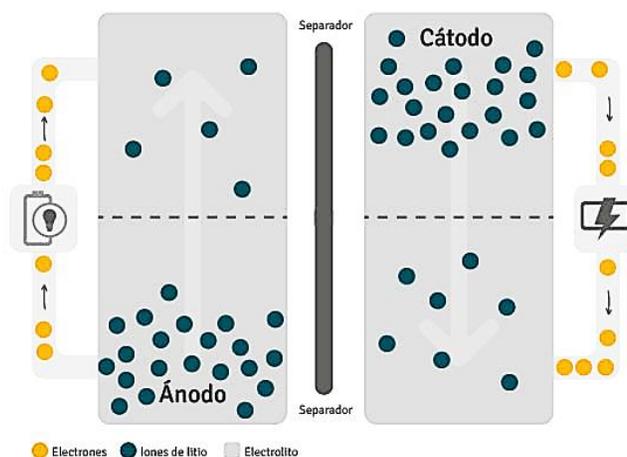
Además, el vehículo eléctrico ha llegado a ser el más demandado en ciertos países por la toma de conciencia sobre el cambio climático, ya que son muchas las ventajas que ofrece, entre ellas la disminución de las emisiones de gases contaminantes. Cabe recalcar, que es una tecnología que se encuentra aún en pleno desarrollo con el fin de

aumentar la capacidad de las baterías y por tanto la autonomía, algo clave de estos vehículos ya que le permite competir con el vehículo convencional.

Por consiguiente, una batería es un dispositivo que convierte energía química en eléctrica y que permite almacenar la energía. Los diferentes tipos y aplicaciones dependen de los materiales que conforman sus partes (ánodo, cátodo, electrolito) y las propiedades de esos materiales, cómo se puede observar en la siguiente imagen.

Figura 2

Reacción química



Nota. Tomado de (Redaktion, 2022).

En ese contexto se manifiesta que los diferentes tipos de baterías que se han usado para la movilidad eléctrica son:

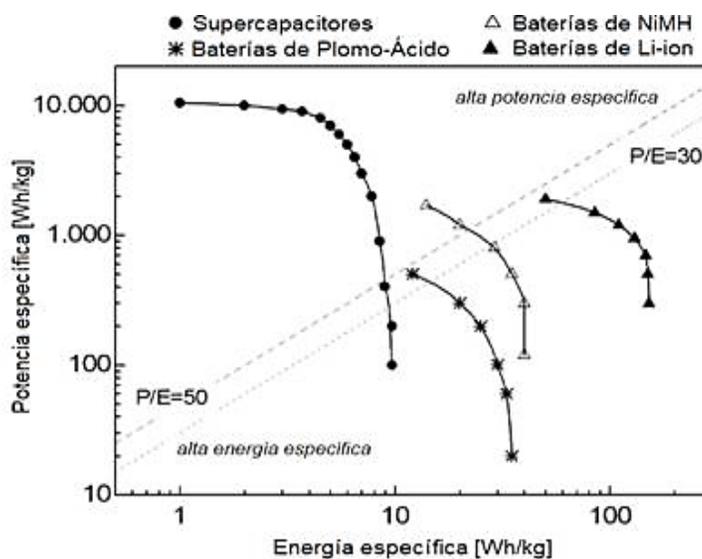
- Plomo ácido
- Níquel hierro
- Baterías alcalinas de magnesio
- Níquel – Cadmio
- Níquel – Hidruro metálico
- Ion de Litio
- Polímero de Litio.

Baterías de ion de litio

Las baterías de ion litio según su estado de arte se manejan por su gran densidad de energía y densidad de potencia en referencia a otros tipos de acumuladores. Estas claramente son una mejor opción en la proporción de entrega de voltajes en los sistemas electrónicos y eléctricos (Mastragostino & Soavi, 2007).

Figura 3

Energía vs Potencia específica de las baterías



Nota. Tomado de (Mastragostino & Soavi, 2007).

Cueva et al., (2018) explica que principalmente en el sector energético de acumuladores su demanda se basa en su construcción debido a que estos poseen ánodo y cátodo, siendo estos los que realmente tienden a reaccionar en función del voltaje de cada uno. Las combinaciones existentes en el cátodo son LiFePO_4 , LiMn_2O_4 , $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Mn}_1$ y para el ánodo simplemente se reacciona con grafito. En condiciones generales las baterías de alta eficiencia deben tener un ciclo de vida aceptable que podrían rondar los 3000 ciclos para ser eficientes con el bolsillo del consumidor, sin embargo, un factor a tratar es el SOH de la batería que este permite estimar la

vida útil y la funcionalidad de la misma. Las baterías de ion litio pueden ser atractivas a los consumidores si llegan a cumplir estas condiciones y bastante factibles para una compra.

Baterías de níquel metal hidruro

Este tipo de baterías poseen una gran afluencia de comercialización para la electrónica, almacenamiento de energía, aplicaciones para el transporte en general liviano, pesado y trenes.

Según los estudios realizados esta posee una eficiencia energética de 66%. La batería de níquel metal hidruro se estima que posea unos 2000 ciclos de carga con el paso de los años se van mejorando y cambiando su capacidad de almacenaje. El almacenamiento de la energía oscila entre los 0.5 Mwh -50 Mwh con el tiempo puede aumentar estas cifras. Young et al., (2016) menciona que un país bastante desarrollado como China producen este tipo de baterías llegando a una producción de 3800 unidades. El diseño de estas baterías esta denotado por el ánodo, cátodo y electrolito, empresas han optado por implementar una celda prismática con el electrodo (-) cubiertos por politetrafluoroetileno y para el cátodo se lo maneja con hidróxido de metal precipitado. Las más efectivas con respecto a su construcción del cátodo son las que tengan aditivos y aglutinantes. Estos procesos se completan al usar líquidos iónicos que efectivizan su funcionalidad contra la corrosión.

Evolución de las baterías utilizadas en la movilidad eléctrica

Fagoaga, (2021) Según la historia el primer condensador de electricidad fue descubierta por un alemán llamado Ewald Georg Von Klist sin embargo este descubrimiento fue seguido unos meses más tarde por físicos holandeses en Leiden.

La pila voltaica

Durante el siglo XVIII, Alessandro Volta y Luigi Galvani desempeñaron un papel fundamental en el avance del conocimiento en el ámbito de la electricidad. En 1791, Volta presentó su innovación más destacada, la pila voltaica, la cual marcó un hito significativo

en el progreso de la física moderna y tuvo un impacto trascendental en la sociedad de la época. Este dispositivo estaba compuesto por discos de zinc y cobre apilados, separados por cartón impregnado en salmuera, lo que posibilitaba el aumento de la tensión eléctrica generada. Además, Volta exploró aplicaciones terapéuticas de la electricidad producida por su pila. No obstante, la pila voltaica exhibía ciertas limitaciones, como su incapacidad para suministrar corriente eléctrica de forma continua durante períodos prolongados y problemas de polarización debido a la formación de burbujas de gas hidrógeno en el ánodo. A pesar de estas restricciones, el invento de Volta estimuló una serie de investigaciones subsiguientes que condujeron al desarrollo de diversos tipos de baterías.

La Celda Daniell

Jayson, (2015). En el año 1836, el investigador John Fredric Daniell concibió la célula que lleva su nombre, caracterizada por su innovador diseño. Esta célula, a diferencia de sus predecesoras, presentaba una disposición particular: los electrodos de zinc y cobre se sumergían respectivamente en sulfato de zinc y sulfato de cobre. Este principio básico implicaba la inmersión de cada metal en su correspondiente electrolito. Inicialmente, la separación entre los electrolitos se lograba mediante una vasija de cerámica sin esmaltar; sin embargo, se desarrolló posteriormente una variante de la célula utilizando el principio de la gravedad, aprovechando la diferencia en la gravedad específica de los dos sulfatos.

La célula Daniell demostró ser efectiva en la resolución del problema de la polarización, convirtiéndose en una innovación destacada que impulsó su aplicación en la industria telegráfica, marcando así un hito significativo en la historia de las baterías

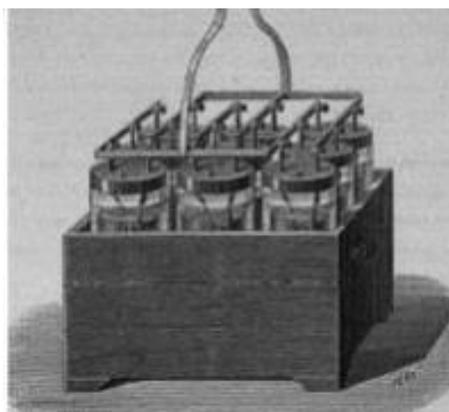
Batería recargable Plomo Acido

Para el año de 1860 un personaje sofisticado en la historia Gastón Planté presentó su innovadora batería recargable de plomo-ácido en Académie des Sciences", demostrando así un hito impresionante en el avance de la tecnología de baterías. La batería de Plomo ácido, compuesta por nueve elementos organizados en un robusto bastidor de madera con los

terminales conectados en configuración paralela, demostró una capacidad impresionante para suministrar corrientes de gran magnitud. En los inicios, diez años antes de su presentación, la batería recargable de plomo-ácido necesitaba ser recargada utilizando células Bunsen y Daniell (Kurzweil, 2010).

Figura 4

Batería de plomo ácido



Nota. Tomado de (Fagoaga, 2021, p11).

Para 1866, Georges Leclanché desarrolló y patentó la célula de Leclanché, precursora de las modernas células "secas", caracterizada por un electrodo de carbono positivo alojado en una copa porosa llena de carbono triturado y dióxido de manganeso, con cloruro de amonio como electrolito y un electrodo de zinc negativo (Geddes, 1994).

Kurzweil, (2010) nos menciona que en el año 1873, Planté entabló un encuentro crucial con Zénobe Théophile Gramme en la compañía Breguet, quien fue un pionero en la introducción de motores eléctricos en Francia y en la construcción de generadores de corriente continua. Planté vislumbró el potencial de su tecnología de plomo-ácido en el avance del uso de la electricidad y realizó investigaciones pioneras sobre la reversibilidad de los generadores eléctricos.

Durante la Exposición de Viena de 1873, presentó una ingeniosa combinación de máquina de vapor y bomba que operaba como generador y receptor. Hasta el año 1875,

Planté dedicó sus esfuerzos a la investigación de diversos diseños de baterías de plomo-ácido en diversas condiciones de operación y realizó estudios exhaustivos sobre la polarización en medios oxidantes. Por su parte, Camille Alphonse Faure perfeccionó la tecnología de Planté, logrando aumentar considerablemente las capacidades de las baterías mediante la aplicación de recubrimientos de electrodos con pastas en polvo de plomo impregnadas con azufre. Las baterías desarrolladas por Planté y Faure demostraron ser de gran utilidad en aplicaciones de tracción eléctrica en carreteras, ferrocarriles y navegación, así como en proyectos aeroespaciales.

En el año 1880, Gustave Pierre Trouvé patentó un pequeño motor eléctrico y en 1881 impulsó un triciclo eléctrico alimentado por la batería recargable de plomo-ácido. A finales del siglo XIX, la creciente demanda de almacenamiento de energía eléctrica, impulsada por el telégrafo eléctrico de Morse y las emergentes compañías telefónicas en Estados Unidos, catalizó el desarrollo de tecnologías como la dinamo de Siemens y las lámparas incandescentes de Swan y Edison (Fagoaga, 2021).

Batería de Níquel

Cairns, (2004) Waldemar Jungner dedicó una parte significativa de su vida adulta a la experimentación con diversos materiales de electrodos y electrolitos alcalinos. Con esto su principal interés residía en los electrolitos alcalinos, ya que en las reacciones de la celda no se producía un consumo neto del electrolito, lo que permitía minimizar su peso al tener un contenido mínimo en la celda.

Jungner exploró una amplia gama de metales y óxidos metálicos como materiales de electrodos, entre los que se incluyen el zinc, cadmio, hierro, óxido de cobre, óxido de plata y óxido de manganeso

Liang et al., (2019) explica que la batería de Níquel-Cadmio, instaurada por Waldemar Jungner en 1899, rápidamente se convirtió en un eje preferencial para fuentes de energía portátiles y de reserva. Entre sus ventajas destacaba que la batería ofrecía una vida útil más

larga, un rendimiento atractivo incluso a bajas temperaturas, tasas de carga más altas y un tamaño versátil que iba desde pequeños tipos portátiles sellados hasta grandes celdas ventiladas. Estas características excepcionales la distinguieron claramente de la batería de plomo-ácido.

Figura 5

Batería de níquel cadmio modelo s107



Nota. Tomado de (Steren, 2022).

Fagoaga, (2021) En 1967 es hallado un método de transporte rápido de iones de sodio establecido por Joseph T. Kummer y Neill Weber el cual fue un punto de importante para el pensamiento estratégico sobre las baterías recargables. Su sugerencia de la batería de sodio-azufre marcó un avance significativo en esta área. Este descubrimiento estimuló el trabajo en la batería ZEBRA (Zeolite Battery Research Africa Project), que se fabrica en estado descargado con níquel disperso en NaCl₂ fundido y reemplaza el cátodo de azufre fundido por NiCl₂ fundido.

Baterías de ION- Litio

Las baterías recargables fueron un motor impulsor por la crisis energética de principios de la década de 1970. Fue durante esta crisis cuando John Bannister Goodenough comenzó a explorar las posibilidades del litio. En 1979, Goodenough y su equipo informaron por primera vez sobre el uso del óxido de litio-cobalto (LiCoO₂) como material de electrodo positivo. Este fue el primer material de cátodo que contenía iones de litio en el mundo.

Yoshino, (2012) explica que para el año 1981, Akira Yoshino comenzó una investigación sobre una batería secundaria no acuosa utilizando poliacetileno como electrodo negativo. Este experimento empleaba un electrolito sólido, sentó las bases para el uso de grafito como material de electrodo negativo en las baterías de iones de litio actuales. En 1983, Yazami y Touzain informaron sobre una intercalación reversible de Litio en un ánodo de grafito, lo que llevó a Yoshino a inventar una nueva batería secundaria utilizando LiCO_2 como electrodo positivo y poliacetileno como electrodo negativo. Este avance condujo al desarrollo de una batería recargable de iones de litio segura y de alta densidad de energía.

A pesar de que el grafito se había utilizado como material de electrodo negativo, se conocía que el carbonato de propileno, un electrolito orgánico común en esa época se descompondría durante la carga al usarse con grafito. Por esta razón, Yoshino decidió investigar la capacidad de varios materiales carbonosos como electrodo negativo. Sus investigaciones revelaron que un material carbonoso con una estructura cristalina específica ofrecía una mayor capacidad sin provocar la descomposición del disolvente electrolítico de carbonato de propileno.

Fagoaga, (2021) Yoshino utilizó con éxito esta nueva combinación de materiales para fabricar una batería secundaria que permitía una carga y descarga estables durante muchos ciclos y un largo período de tiempo. Para el año 1985 se inventó este sistema y es la base de las actuales baterías de iones de litio

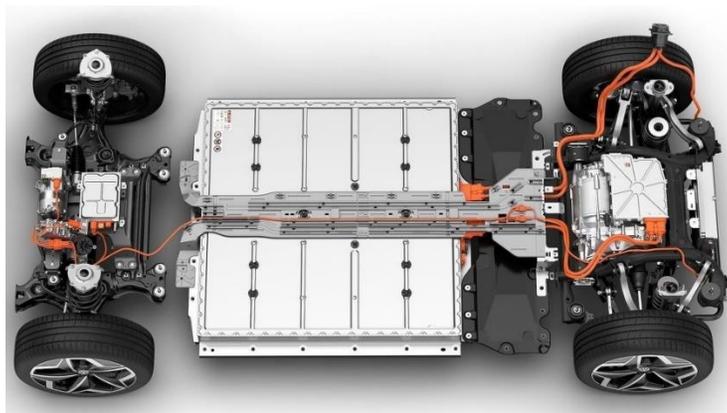
Para el año de 1991 las empresas como SONY y Toshiba fueron protagonista de la impulsión de este modelo de baterías. Esta batería ofrecía una densidad de energía aproximadamente dos veces mayor que la de las baterías de níquel-cadmio o hidruro metálico de níquel, en términos de peso y volumen. La eficiencia de su gran capacidad de almacenamiento, alta densidad y excelente durabilidad de ciclo, la batería de iones de litio ha demostrado ser bastante eficiente y popular ara ser empleada en vehículos

de movilidad eléctrica, lo que se espera que contribuya significativamente a la adopción de vehículos eléctricos como medio de transporte ecológico.

Para destacar por sus grandes capacidades la batería de litio junto a otras baterías como baterías de hidruro metálico de níquel, condensador eléctrico de doble capa, son de suma importancia para tener una respuesta optima en vehículos híbridos y eléctricos, optimizando sus grandes cualidades como son la potencia y durabilidad.

Figura 6

Batería de ion-litio en vehículos eléctricos



Nota. Tomado de (Pérez, 2022).

Tipos de baterías de litio

Ion de litio

Para Gómez (2021), menciona que “La aparición de esta batería supuso una revolución en esta área de investigación. Los vehículos eléctricos en los años 90 necesitaban urgentemente una batería con prestaciones altas”. En un principio las baterías fueron de litio metálico las cuales presentaron dendritas y en los iones negativos y una misma reacción con el electrolito, partiendo de esta idease lograron establecer las baterías de ion litio.

Las baterías de litio son las de evolución más reciente y representan un gran número de ventajas frente a otras baterías de su mismo ámbito. El litio es un material atractivo para ánodos por su reactividad, poco peso y alta tensión. Las tensiones de la pila varían entre 2 y 3,6 V según

el material del cátodo, a continuación, se presenta una tabla descriptiva donde se muestra el voltaje y la reacción de cada uno de los cátodos y ánodos. (Pozo & Molero, 2013, p.54)

Tabla 2

Voltajes y Reacciones del Cátodo y Ánodo

Material Cátodo	Material Ánodo	Voltaje (V)
LFP	Grafito	2.0-3.7
LMO	Grafito	2.5-4.2
NCM	Grafito	2.5-4.2
NCA	Grafito	2.5-4.2
LMO	LTO	1.5-2.7

Nota. Tomado de (Cueva et al., 2018).

La efectividad de estas baterías ha promovido el uso destacable en varios objetos de tecnología, herramientas y vehículos. Que han dado paso a la facilidad de realizar un trabajo y el aporte climático que este genera.

De acuerdo con Gómez (2021), "Las baterías de ion-litio presentan una estabilidad de unos 500 ciclos y se fabrican de distintos modelos y tamaños". Estimando así que el primer país en desarrollarlas fue Japón y mantener un porcentaje bastante elevado de vehículos que representen el mercado mundial.

Tabla 3*Ventajas y desventajas de las baterías de ion-Litio*

Ventajas	Desventajas
Alta densidad de energía	La sobrecarga puede dañar los electrodos
Electrolito sólido	Peligroso si no se maneja con cuidado
Típicamente un 40% más pequeño pesa la mitad que las baterías de NiMH	Características de seguridad necesarias tanto para la batería como para la batería
Menor tiempo de descarga y carga	Seguridad de los elementos
Más ecológica	
Excelente potencia y energía	

Nota. Tomado de Rebelo, (2018).

Polímero de litio

Padhi et al., (1997) Las baterías de polímero de litio son muy parecidas a las baterías de ion de litio (Li-ion) por poseer ciertas características, sin embargo, los polímeros de litio (LiPo) posibilita que la energía llegue con mayor densidad.

De la misma manera, el polímero de litio incorpora innovaciones notables:

Su estructura molecular tiene una menor tasa de caída de la capacidad de carga, que le permite una mayor cantidad de ciclos de carga/descarga durante su vida útil y su tensión de operación es más estable a lo largo del uso que sus antecesoras.

Cabezas, (2016) comenta que se puede evidenciar en la cotidianidad, pues las personas hacen gozo de los beneficios de estas baterías, puesto que se evidencia en la evolución de varios de nuestros dispositivos electrónicos, ya que, esta batería permite que el dispositivo sea más duradero y eficaz. El principio de estas baterías es que usan al polímero como un electrolito, por consecuencia estas mantienen una flexibilidad y son delgadas, dentro de esto las baterías de polímero de litio poseen algunas ventajas como son:

- Tienen un peso ligero, una forma y tamaño compacta capas de ser moldeables.

- Poseen gran capacidad ya que almacenan bastante energía en un tamaño reducido
- Por su gran capacidad de almacenamiento esta batería se ve afectada en su tasa de descarga

Por otro lado, las consecuencias viables de estas baterías son:

- El electrolito de estas baterías tiene una característica fuerte de volatilidad lo cual puede desencadenar en una explosión de esta.
- Los procesos de carga y descarga en estos afectan la vida útil por lo cual se necesita de bastante cuidado

Figura 7

Batería de polímero de litio



Nota. Tomado por (330ohms, 2020)

Litio hierro-fosfato

Yang (2021), nos menciona que: La batería de litio-hierro-fosfato es la principal batería de BYD, que tiene un bajo coste, no es tóxica, tiene una alta capacidad teórica y un buen rendimiento en los ciclos, y es adecuada para los vehículos híbridos enchufables que requieren cargas y descargas frecuentes. (p. 11)

Este tipo de baterías son conocidas como "LIFE" ya que la nomenclatura del cátodo que utilizan es LiFePO_4 , son usadas en varios productos industriales.

De acuerdo a Ordóñez & Guerra (2011), mencionan las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- Alta tensión en circuito abierto, 3,3v
- LiFePO_4 es un cátodo de material intrínsecamente más seguro que LiCoO_2 .
- No posee efecto memoria.
- No está fabricada con productos tóxicos.
- Es la batería perteneciente a la familia del litio que mejor tolera las altas temperaturas.
- Supera los 2000 ciclos de vida.
- Vida superior a los 10 años.
- Tiempo de carga entre 15- 30 minutos.
- Buena capacidad para soporta sobrecarga
- Buena energía específica y densidad energética.
- Buena potencia específica.

Desventaja

- Problemas de ecualización y necesidad de circuitos electrónicos adicionales (menor tendencia al desequilibrio que el polímero de litio).
- La densidad energética en una batería LiFePO_4 , es sensiblemente inferior su antecesora el ion de litio cátodo de LiCoO_2 , aproximadamente en un 14%.
- Sufren el efecto de pasivación. (p.34)

Figura 8

Batería de Litio Hierro Fosfato



Nota. Tomado de Renova (2024).

Parámetros principales de las baterías usadas en VE y VHE

A continuación, se va a comparar los diferentes parámetros que existen entre las diferentes baterías usadas en vehículos híbridos y eléctricos:

Tensión por celda

Para Ordóñez & Guerra (2011), “La tensión por celda es uno de los parámetros más importantes a la hora de decantarse por un tipo de química, una tensión más alta por celda permitirá conseguir voltajes más elevados con un menor número de celdas” (p.36).

Las baterías de litio son las que presentan mejores prestaciones en esta característica ya que manejan valores que van desde 3.3v hasta los 3.7v.

Sin embargo, en las baterías que utilizan el NiMH y NiCd el voltaje nominal por celda alcanza solo unos 1.2v.

Tasa de autodescarga.

La tasa más baja de auto descarga pertenece al litio, en concreto al polímero de litio con un valor que ronda el 5%, le sigue el ion de litio y el NiCd con un 10%, a continuación, el plomo tomando su peor porcentaje de auto descarga con un 20% y en último lugar NiMH con un 30%.

Capacidad de descarga en continua.

A de mencionarse que la tecnología con menos descarga de todas corresponde a las baterías de iones de litio, estos son debido a que su diseño, el cual está enfocado a equipos electrónicos en los que priman la autonomía y no necesitan soportar grandes demandas de corriente, como ocurre en los casos de herramientas o vehículos eléctricos. (Ordóñez & Guerra, 2011, p. 37)

El polímero de litio presenta valores que rondan los 45 C's, seguido del LiFePO4 con 26 C's de descarga en continua.

Demostrando así que la tecnología del litio presenta mejores características frente a otras tecnologías.

Capacidad de descarga por picos.

Esta capacidad solo esta está presente en el polímero de litio con descargas de 90 C's y el LiFePO4 con 52 C's. La capacidad de descarga por picos se encarga delimitar la capacidad de descarga máxima de las baterías a un periodo de tiempo.

Gracias a esto se pretende obtener un mayor rendimiento por parte de la batería durante un pequeño periodo de tiempo.

Seguridad.

De acuerdo con Ordóñez & Guerra (2011), "En tema de seguridad la tecnología del litio es la más peligrosa, pudiendo llegar a ser explosiva si se ve sometida a una sobrecarga, cortocircuito o al ser atravesada por un elemento punzante" (p 38).

Eficiencia

La tecnología del litio es la presenta mejores prestaciones ya que su eficiencia supera el 90% en el peor de los casos, mientras que en otras tecnologías tienen un rango que va desde el 66 al 90% en el mejor de los casos

Mantenimiento.

Este es otro punto a favor de la tecnología del litio, pues no necesita ningún mantenimiento periódico como ocurre en el caso del NiMH, NiCd y acumulador de plomo. Viera Pérez (2009) afirmó lo siguiente:

En el caso de baterías de NiMH y del NiCd: “La pérdida transitoria de la capacidad o las deformaciones que tienen lugar en la curva de tensión de la batería se pueden recuperar prácticamente en su totalidad después de aplicar dos ciclos completos de carga-descarga de forma consecutiva. (p.111)

Vida cíclica.

La vida cíclica de la batería de tecnología LiFePO₄ pueden alcanzar hasta los 10.000 ciclos de carga manteniendo tras ello el 80% de su capacidad inicial.

Densidad energética [w/l] Y energías específicas [w/kg].

En estas dos características la tecnología de ion de litio es la que posee mejores prestaciones, con una densidad energética de 360 Wh/l y energía específica de 250 (Wh/kg)

Seguidas del polímero de litio y del ion de litio con cátodo de LiFePO₄. Cabe destacar que las demás tecnologías están muy detrás de estos valores.

Curva de carga y descarga.

Las mejores curvas de descarga son entregadas por el polímero de litio y por LiFePO₄, sus curvas apenas poseen pendientes y su funcionamiento es prácticamente lineal durante todo su uso.

El resto de las químicas a medida que van agotando su capacidad, van disminuyendo su voltaje de manera progresiva, reduciendo así la potencia entregada, lo que supone una disminución de las prestaciones a medida que la batería se va agotando (Ordóñez & Guerra, 2011, p. 40).

Tabla 4

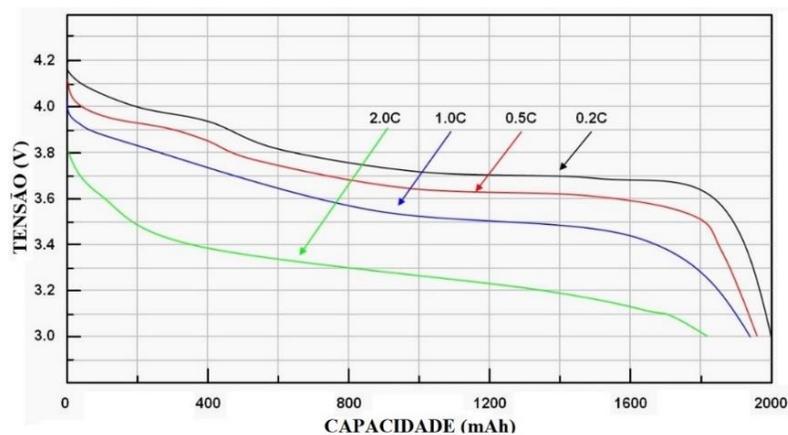
Comparativa de diferentes tipos de baterías usadas en VHE y VE.

Tecnología	Ni-MH	Li-ión	LiFe	Li-PO
Parámetros				
Voltaje (V/celda)	1,2v	3,6/3,7v	3,3v	3,7v
Autodescarga (%/mes)	30%	8%	-	5%
Descarga en continua	8c	1c	26c	20-45c
Descarga por picos			52c	30-90c
Seguridad	Regular	Fácil	Bueno	Fácil
Eficiencia	66%	80%-90%	-	99,8%
Mantenimiento	Regular	Fácil	Bueno	Fácil
Vida cíclica	300-500	400-1200	2000	1000
Densidad energética (Wh/l)	140-300	250-360	220	300
Energía específica (Wh/kg)	30-80	100-250	90-110	130-200

Nota. Tomado de (Ordóñez & Guerra, 2011, p.35)

Figura 9

Curvas de descarga mAh/V de la batería de Litio ion



Nota. Tomado de: Rontek (2024)

Voltaje nominal, mínimo y máximo.

En primer lugar, es importante saber que cuanto menor sea la diferencia entre el voltaje máximo y el voltaje nominal, menor será la cantidad de voltaje máximo tendrá que soportar los diferentes miembros del circuito.

En la siguiente figura se observan los valores de voltaje nominal, máximo y mínimo de baterías usadas en VE y VHE.

Figura 10

Tipos de baterías de alta tensión

Marca	Modelo	Voltaje nominal	Número de celdas	Voltaje por celda	Composición	Capacidad
BMW	i3	360 V	96	3.75 V		22 kW/h
BMW	i8	355 V	96	3.7 V		7.1 kW/h
Honda	Accord	144 V	20	7.2 V	NiMH	5,5 A/h
Honda	Civic	158.4 V	22	7.2V	NiMH	5.5 A/h
Hyundai	Ioniq	360 V	94	3.8 V	LiNiMnCo2	28 kW/h
Kia	Optima	360 V	96	3,75 V	Lithium Ion	9.8 kW/h
Kia	Soul ev	360 V	192	4.1 V	Lithium Ion	27 kW/h
Lexus	GS 450h	288 V	40	7.2 V	NiMH	6.5 A/h
Lexus	IS 300h	230.4 V	32	7.2 V	NiMH	6.5 A/h
Lexus	RX 400h	216 V	30	7.2 V	NiMH	6.5 A/h
Mercedes Benz	S550 PLUG-IN HYBRID	396 V	120	3,3 V	Lithium Ion	22 A/h
Nissan	Altima	270.6 V	34	7.96V	NiMH	6.5 A/h
Renault	Fluence	360 V	192	3.75 V	Lithium Ion	32.5 A/h
Renault	Zoe	400 V	192	4.1 V	Lithium-ion	22 kW/h
Tesla	S60	310 V	22	14 V	Lithium Ion	60 kW/h
Toyota	Auris	201.6 V	28	7.2 V	NiMH	6.5 A/h
Toyota	Camry	244.8 V	34	7.2 V	NiMH	6.5 A/h
Toyota	Highlander	220 V	28	7.89 V	NiMH	6.5 A/h
Toyota	Prius	201.6 V	28	7.2 V	NiMH	6.5 A/h
Toyota	Yaris	144 V	20	7.2 V	NiMH	6.5 A/h

Nota. Tomado de (Moyano & Pantoja, 2019, p.27-28)

Ecuación

Todas las tecnologías poseen problemas de ecuación entre sus celdas, este problema es solventado manteniendo el voltaje de carga durante más tiempo, hasta que las celdas más rezagadas se cargan por completo, mientras las celdas ya cargadas, transforman el exceso de carga en calor o en un aumento de la presión en el interior de las celdas. Este método de carga no ofrece problemas para las tecnologías como el NiMH, NiCd, Pb.

La tecnología del litio es la única que tiene problemas con la ecuación de sus celdas, y requieren de un dispositivo electrónico que compense esos desequilibrios. Por lo tanto es la única tecnología que requiere obligatoriamente este tipo de atención para su uso (Ordóñez & Guerra, 2011, p. 42).

Parámetros que definen el estado de la batería

Al momento de comprobar el estado de la batería es importante conocer los siguientes aspectos:

Estado de carga (SOC)

Martínez (2017), en su artículo menciona que el estado de carga (SOC): “Es la expresión que indica el estado de carga de la batería de manera porcentual. El estado de carga es el 100% cuando la batería tiene almacenada la máxima energía posible” (p. 9).

Si se hace una analogía con el tanque de combustible del automóvil, medio tanque de este equivale a un 50% del SOC.

Para el cálculo del SOC se utiliza la siguiente formula:

$$\%SOC_t = SOC_0 - \frac{I_{carga} \times t}{C_{bateria}}$$

Ecuación 1. Estado de carga SOC

Donde:

- %SOC t: Porcentaje de estado de la batería (porcentaje, %)

- t : tiempo de carga (horas)
- I_{carga} : Intensidad de carga de la batería (amperios, A)
- $C_{\text{Batería}}$: Capacidad de la batería (amperios hora, Ah)
- SOC_0 : Porcentaje inicial de carga de la batería (porcentaje, %)

Profundidad de descarga (DSOC)

“Es la relación entre la capacidad en amperios-hora (Ah) entregada por una batería durante su descarga y la capacidad nominal de la misma” (Martínez, 2017, p. 9).

Este parámetro es inversamente proporcional al SOC.

Para el cálculo del DSOC se utiliza la siguiente formula:

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

Ecuación 2. Estado de descarga DSOC

Donde:

- $\%DSOC_t$: Porcentaje de estado de descarga de la batería (porcentaje, %)
- T_D : Tiempo de carga (horas)
- I_D : Intensidad de descarga de la batería (amperios, A)
- C_B : Capacidad de la batería (amperios hora, Ah)

Otra formulara para realizar el cálculo del DSOC es aplicando la siguiente formula:

$$\%DSOC = 100\% - SOC$$

Ecuación 3. Cálculo del DSOC

Donde:

- $\%DSOC_t$: Porcentaje de estado de descarga de la batería (porcentaje, %)
- SOC : Estado de carga (porcentaje, %)

Estado de salud (SOH)

El SOH es un indicador que nos indica el porcentaje de degradación que ha sufrido una batería. Hace una relación entre la capacidad proporcionada por el fabricante y la capacidad real de la batería.

Básicamente el SOH indica la diferencia que existe entre una batería nueva y una en uso.

Espinoza & Guamushig (2019), nos mencionan que: El SOH, se ve afectado por varios factores, entre los más importantes se encuentra la corriente de carga/descarga, la temperatura, la profundidad de descarga, la forma en que se ha cargado, exceso de carga, exceso de descarga, condiciones de almacenamiento y duración de éste. (p. 30)

El SOH se puede calcular con la siguiente formula:

$$SOH = \frac{C_{Real} \times 100}{C_{Nominal}}$$

Ecuación 4. Estado de salud

Donde:

- SOH: Porcentaje de estado de salud de la batería (porcentaje, %)
- C_{real} : Capacidad real de la batería (amperios hora, Ah)
- $C_{Nominal}$: Capacidad nominal de la batería (amperios hora, Ah)

Resistencia Interna

Consiste en un concepto que ayuda a modelar en forma de resistencia todas las consecuencias eléctricas de las complejas relaciones químicas que se producen dentro de una batería.

Al ser un concepto teórico, no se puede medir directamente de la batería, pero se puede calcular mediante los datos de corriente y voltaje medidos sobre ella. (Martínez, 2017, p. 9)

Este parámetro de lo puede medir de la siguiente forma:

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

Ecuación 5. Resistencia interna

- R_B : Resistencia interna de la batería
- V_0 : Tensión de vacío de la batería
- V : Tensión de la batería con la carga
- I : Intensidad de corriente por la batería

Tipos de batería usados por la Marca Toyota

Batería HV del Toyota Prius 2001-2004 segunda generación

En su tesis Espinosa, (2013) menciona que: “una batería recargable de alto rendimiento de hidruro de níquel-metal se utiliza en el Prius 2004. La batería consta de 38 módulos de bajo voltaje (7.2V cada uno) conectados en serie para producir 273,6 V nominal” (p. 50).

Batería HV del Toyota Prius 2004-2009 tercera generación

Existen 28 baterías pequeñas de 7,89 V cada una están conectadas en serie de dos en dos para formar 14 packs de baterías de 15,78V cada pack y a su vez están conectadas todos estos 14 paquetes en serie para generar un voltaje total de 220 V. Cada pack de 15, 78 V tiene un monitoreo de voltaje que va a la ECU de la Batería, cada monitoreo toma progresivamente la suma de los packs. (Augeri, 2015)

Esta batería de alta tensión provee un voltaje de 220 V en las versiones modernas, y voltajes mayores para versiones anteriores del Prius, este voltaje proviene 29 de un paquete de 14 baterías en serie dispuestos así: Existen 28 baterías pequeñas de 7,89 V cada una y están conectadas en serie de dos en dos para formar 14 paquetes de baterías de 15,78 V cada una y a su vez están conectadas todos estos 14 paquetes en serie para generar un total de 220 Voltios. (Ávila Meza, 2014, p.33)

Batería HV del Toyota Prius 2010 tercera generación

Para el funcionamiento del vehículo híbrido es necesario que en momentos los motores-generadores sean accionados empleando la energía almacenada, esta carga se encuentra en la batería de alta tensión, la cual en carga nominal posee un mínimo de 201.6 V. Todo paquete suministra tensión en conjunto al inversor, este recibe la carga 30 en condiciones específicas como accionamiento de MG1 o mediante MG2 en el denominado freno regenerativo. (Calderón, 2015, p.20)

Batería HV del Toyota Prius C

El modelo salió al mercado a partir del 2012 experimentando varios cambios como su tamaño, peso y su voltaje nominal de 144 voltios. Está fabricado de Níquel Metal y su ubicación es debajo del asiento posterior, tanto su estado de carga SOC es monitoreado y controlado por la ECU de la batería. Esta batería está compuesta de 20 celdas de 6 células cada una que proporciona 1.2 voltios cada uno y sumando un total de 7.2 voltios en cada celda y en total 144 voltios de toda la batería. La unidad de batería o ECU monitorea el voltaje de la batería de bloque en 10 lugares. Cada bloque de la batería está compuesto de 2 celdas en un conjunto. (Augeri, 2015)

Batería HV del Toyota Highlander

Esta batería está formada por tres bloques dos de 12 celdas y uno de 6 celdas intermedio que forma un total de 30 celdas cada una con 8 células que proporciona 1.2 voltios en serie y sumando tiene 9.6 voltios que en total en la batería tendrá un voltaje nominal de 288 voltios. (Moyano & Pantoja, 2019, p. 31)

Esta batería se ubica en la parte inferior del vehículo, específicamente en el asiento trasero, esta batería cuenta con un sistema de freno regenerativo para cargarlo. Como se sabe este sistema actúa cuando el vehículo está en movimiento y convierte la energía cinética en energía eléctrica. La energía eléctrica producida es aprovechada por el motor eléctrico.

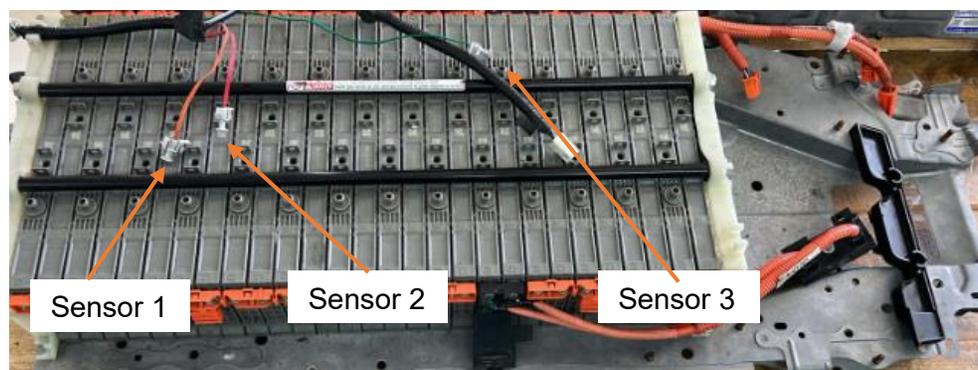
Figura 11*Batería Toyota Highlander***Constitución de la batería del Toyota Prius**

Los componentes del sistema de batería de un modelo comercial híbrido como es el Toyota Prius City está conformado por sensores de temperatura , unidad de control de la batería , ventilador , resistencia, conjunto de relés de activación , módulos de la baterías, sensores de corriente (Lopez, 2017).

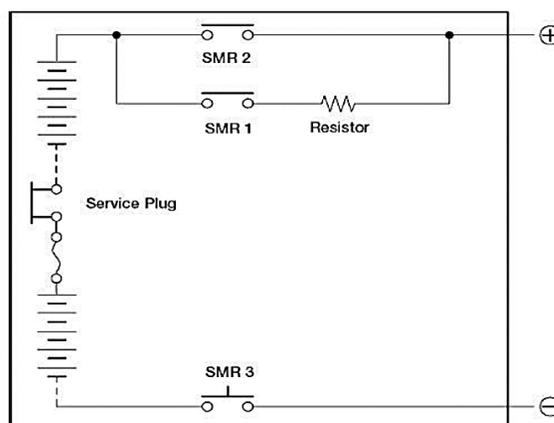
Sensores de temperatura

Según (Erazo et al., 2013) “El paquete de batería dispone de 3 o 4 sensores de temperatura (termistores NTC) que llevan información a la unidad de control electrónica de la batería híbrida acerca de la temperatura a la que se encuentre la batería”

Para la disipación de vapores estas poseen un sistema de ventilación para evitar que las mismas formen depósitos que puedan afectar directamente a las partes eléctricas del sistema de batería (Erazo et al., 2013)

Figura 12*Sensores de temperatura de Toyota Pruis***Sistema de relés de la batería de alta tensión**

Para alimentar y desconectar la tensión producida a la ECU existen los relés (SMR), los cuales están ubicados de manera estratégica para lograr un funcionamiento eficiente, el sistema consta de dos relés positivos y uno negativo. En el momento de aplicar energía al sistema los relés SRM1 y SMR3 se encienden. La resistencia ubicada con SMR1 proporciona una protección contra la corriente inicial excesiva. Para un paso libre de corriente se debe encender el relé SMR2 y apagar el relé SMR1 y funcione el circuito con normalidad. (Espinosa, 2013)

Figura 13*Sistema de relés del módulo de batería*

Nota. Tomado de (Augeri, 2011).

Resistencia

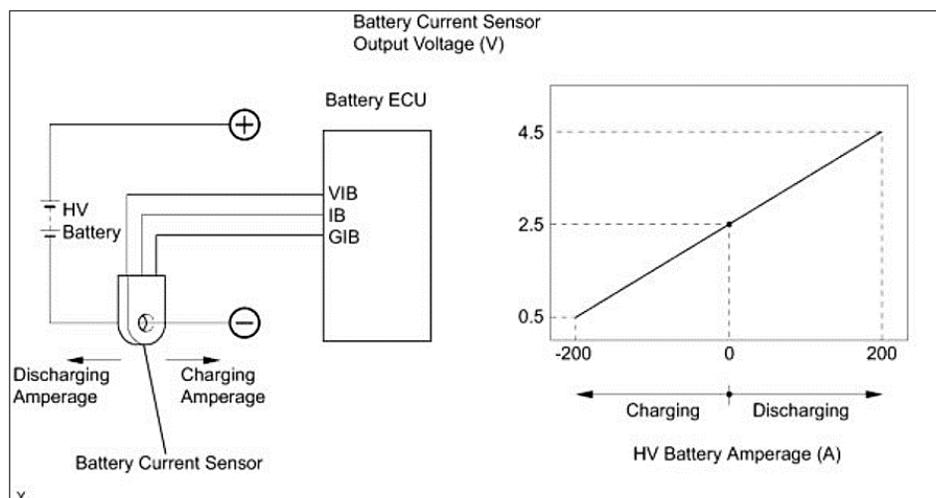
Según (Erazo et al., 2013) El relé SMR1 sirve para protección , el relé SMR 3 desarrolla la conexión a negativo. SMR1 conecta al sistema de intercalado en el circuito de una resistencia de 20 ohm. De esta forma se protege al sistema en general ya que le es posible determinar la corriente que pasa, si existe un corto circuito.

Sensor de corriente de la batería

El sensor de corriente de la batería, que está montado en el lado del cable negativo del conjunto de la batería HV, detecta el amperaje que fluye hacia la batería HV. El sensor de corriente de la batería introduce una tensión (que varía de 0 a 5 V en proporción al amperaje) en el terminal IB de la ECU de la batería. Una tensión de salida del sensor de corriente de la batería por debajo de 2.5 V indica que el conjunto de la batería HV se está cargando, y si es superior a 2.5 V indica que se está descargando. (Augeri, 2015)

Figura 14

Sensor de corriente de la batería



Nota. Tomado de (Augeri, 2015).

Computadora (ecu) de la batería

Según Espinosa (2013): La ECU de la batería está ubicada a un lado de la batería de alta tensión, a esta llegan los cables de información de los voltajes de los paquetes de

las baterías que en el caso del TOYOTA PRIUS son 14 en total más la referencia del negativo.

Adicionalmente encontramos un pin donde se aplican los 5 V de alimentación al sensor de corriente más su respectiva señal y masa. Un pin de alimentación constante de batería, un pin de alimentación por ignición.

La ECU monitorea los pulsos dados al motor por el controlador del ventilador los cuales terminan en el transistor de este.

Jumper de la batería

Por seguridad y frente a un posible trabajo eléctrico, de diagnóstico o mantenimiento el sistema de serie de la batería se puede abrir, esto permite que no exista corriente alguna a los bornes de salida de la BATERIAHV, el dispositivo de fácil remoción se denomina JUMPER y está en un lugar visible del PACK de la batería, en el manual de servicio de cada vehículo existe un procedimiento para realizar esta desconexión, no se recomienda bajo ningún criterio desconectar el JUMPER con el vehículo en funcionamiento. (AutoAvance, 2023)

Pasos para desconectar el Jumper de seguridad:

1. Verificar que el vehículo no debe estar en contacto.
2. Desconectar la batería auxiliar de 12v.
3. Desconectar el jumper de seguridad.
4. Antes de realizar cualquier trabajo se debe esperar alrededor de 10 min.
5. Realizar el mantenimiento que sea necesario.
6. Instalar nuevamente el jumper y después conectar la batería auxiliar.

Cuidades durante el diagnóstico y mantenimiento

Al momento de realizar cualquier trabajo eléctrico sobre vehículos eléctricos o híbridos es importante tomar una serie de precauciones, ya que el contacto directo del sistema eléctrico de estos vehículos con nuestro cuerpo puede causar una serie de efectos negativos.

Es importante identificar las etiquetas de seguridad de las baterías de alta tensión.

Figura 15

Etiquetas de seguridad



Nota. Tomado de AutoAvance, (2023).

Reutilización y Reciclaje

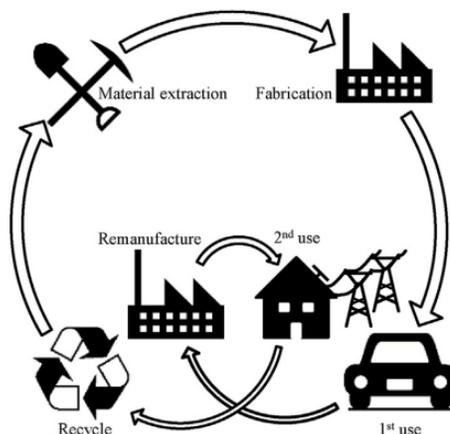
Reutilización

A la hora de reutilizar las baterías de alta tensión existen dos opciones, la primera es que la batería sea reacondicionada para volverla a montar sobre un vehículo híbrido o eléctrico y la otra trata de darle una segunda aplicación.

Citando a González et al., (2021): “Actualmente, las aplicaciones con mayores perspectivas son las de emplearlas para almacenamiento estacionario de energía o como soporte para puntos de recarga, presentando una vida media de unos 8-10 años. Otras aplicaciones menores (empleo en barcos, flota interna de vehículos” (p. 46).

Figura 16

Economía circular de las baterías



Nota. Fuente (Casals et al., 2019,p. 1).

Berecibar, (2020) en su artículo que habla sobre la vida útil de las baterías usadas en vehículos eléctricos, afirma que:

Las baterías de iones de litio son el sistema que tiene un rango de aplicación más amplio con una vida útil más larga en comparación con las baterías de plomo ácido o de níquel. Además, sus índices de eficiencia se acercan al 95% y casi no tienen pérdidas de energía cuando no están en uso. (p. 1)

En la tesis de González et al., (2021) nos habla sobre la iniciativa que tienen diferentes fabricantes de automóviles acerca de la opción de darles una segunda vida a sus baterías. A continuación, se detallan cada uno de ellos:

- De la mano de Endesa y a partir de las baterías del Nissan Leaf que se han ido dando de baja, se está llevando a cabo el proyecto Melilla Second Life. El cual consiste en utilizar dichas baterías como almacenamiento de energía en su central térmica.
- El fabricante Nissan está utilizando las baterías de su Nissan Leaf como sistemas para almacenar la energía solar en los hogares, facilitando el ahorro en la factura

de la luz (se carga cuando la tarifa está más baja y se usa como fuente principal en el rango más caro).

- El fabricante Renault está liderando el proyecto Advanced Battery Storage en Francia, el cual consiste en la instalación de una base de BLIs que permita almacenar energía de forma estacionaria y conectarla a un núcleo urbano. También cuentan con líneas de proyectos que relacionan las baterías y barcos.
- El fabricante Volkswagen pretende convertir las baterías de sus VFU en elementos de almacenaje de energía en horas de tarifa reducida, para posteriormente funcionar como estaciones de carga.
- El proyecto E-brick propone crear baterías de segunda vida inteligentes que permitan el intercambio y se almacenen en determinadas estaciones.

(p. 27)

Reciclaje de las baterías

Con el proceso de reciclaje de las baterías usadas en vehículos híbridos y eléctricos se busca recuperar materiales como Co, Li, Ni, Mn, etc. Con esto se busca la reintroducción de estos materiales en el mercado. Sin embargo realizar este proceso es muy complicado, ya que las baterías presentan una estructura bastante complicada, la cual mezcla multitud de materiales nocivos para el medio ambiente.

Citando a González et al., (2021) nos dice que: “Actualmente, la ratio de recuperación no supera el 55%, para muchos de los materiales, como el Co o Li, y en algunos sitios de la U.E., solo se consigue reciclar el 5% de las BLIs” (p.28).

Pese a los esfuerzos para disminuir el impacto ambiental de las baterías: “La mayor parte de acaba guardado en cajones, acumulado en vertederos o incinerado. Esto supone dos problemas: uno, el medio ambiente, y dos, genera dependencia del abastecimiento” (Viñuela, 2019).

Se han creado cuatro métodos de reciclaje de baterías de litio las cuales se observan en la siguiente tabla:

Tabla 5

Métodos de reciclaje de las baterías de Litio

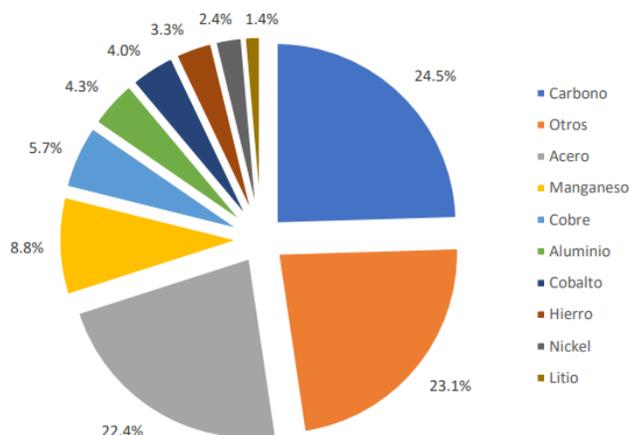
Métodos de reciclaje	Ventajas	Desventajas
Recuperación pirometalúrgica	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología muy madura • Fácil de manejar • Gran capacidad de producción y alta eficiencia de reciclaje • Facilita la producción continua a gran escala 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación grave del aire • Alto consumo de energía
Recuperación hidrometalúrgica	<ul style="list-style-type: none"> • Alta eficiencia de reciclaje • Se puede extraer litio de alta pureza • Menos contaminación atmosférica que la pirometalurgia 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación del agua • Proceso químico complejo • Las dificultades de la producción en masa • Alto coste
Recuperación por biolixiviación	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo coste • Baja contaminación ambiental • Reutilizable 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de lixiviación demasiado largo • Recuperación ineficiente
El reciclaje directo	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso sencillo • Menos contaminación 	<ul style="list-style-type: none"> • Los requisitos de reciclaje son muy estrictos y requieren una selección precisa

Nota. Tomado de (Yang, 2021, p.29-30).

En la figura 15 de González et al., (2021): “Se deduce que deduce que los VEs contienen, aproximadamente, unos 16kg de Co y 5,6kg de Li de media por batería, mientras que los VHEs unos 6kg de Co y 2,1 kg de Li“ (p. 48).

Figura 17

Composición en peso medio de una BLI



Nota. Tomado de (González et al., 2021, p 49)

Políticas y medidas de reciclaje

La entrada de los vehículos eléctricos e híbridos enchufables (EV y PHEV respectivamente) al sector del transporte se ve como una oportunidad ambiental para avanzar hacia un mundo más limpio. Sin embargo, esta oportunidad solo puede tener éxito si la electricidad se genera utilizando tecnologías amigables con el medio ambiente, como los generadores de energía renovable (Casals et al., 2019, p.1).

Gracias al rápido crecimiento de la industria de los vehículos eléctricos, varios países han planteado diversas políticas para gestionar los residuos de las baterías.

Políticas en Estados Unidos

Yang, (2021) menciona que, en 2018 "State of California AB-2407 Recycling: Lithium-ion Vehicle batteries: Advisory group" se propuso reciclar de forma segura y rentable el 90% de las baterías de litio usadas. En el mismo año, "State of California AB-2832 Recycling: Lithium-ion Vehicle batteries: Advisory group" se introdujo para ordenar la reutilización o el reciclaje seguro y rentable del 100% de las baterías de iones de litio de desecho. La

Asociación Internacional de Baterías de Estados Unidos ha desarrollado un sistema de depósito, cobrando a los consumidores que compran baterías una determinada tasa de manipulación y una tasa de recuperación parcial financiada por el fabricante de baterías. (p.36)

Políticas en la UE

La UE vienen planteando políticas desde el 2000, su normativa Directiva 2000/53/CE, hace mención del reciclaje de las piezas de los vehículos al final de su vida útil.

En 2006 mediante la Directiva 2006/66/CE se plantearon pautas sobre el tratado de los residuos de pilas y acumuladores.

Como sostiene Yang, (2021) esta normativa: “exige la máxima recuperación del contenido metálico de las baterías usadas y establece una responsabilidad ampliada del productor para los fabricantes e importadores de baterías” (p.36).

Políticas en Japón

En el gobierno de Japón hacen responsables directos a los fabricantes de las baterías. En este país una vez recicladas las baterías se envían de nuevo al fabricante para su eliminación. Los vehículos eléctricos e híbridos deben ser desarrollados de manera oportuna con el fin de reducir el impacto ambiental.

Políticas en China

Yang, (2021) tras su investigación nos dice que: “China Tower cooperó con 16 empresas, entre ellas Chongqing Changan, Yinlong y BYD, para llevar a cabo la investigación y el desarrollo del reciclaje de baterías de vehículos de nueva energía y la utilización de baterías de desecho” (p.37).

Tendencias

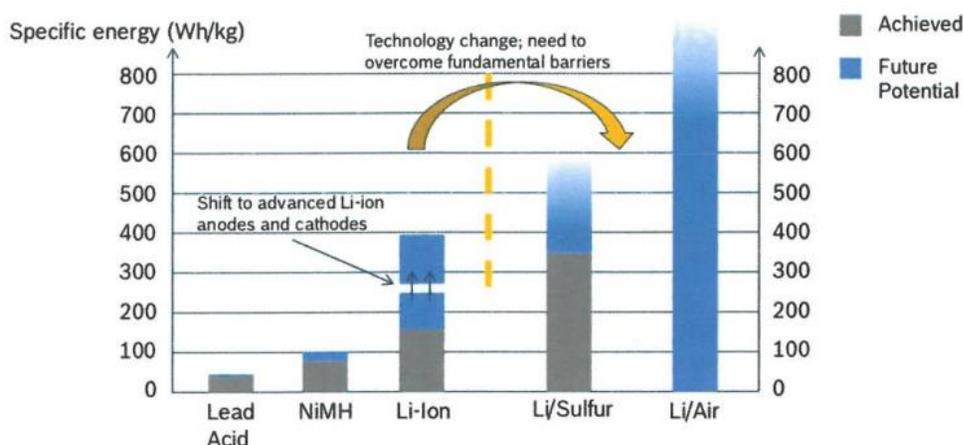
La opción más usada en la actualidad al momento de elegir una batería para propulsar un vehículo eléctrico son las de tecnología de litio-ion. Sin embargo, la mayor limitación que existe está relacionada con el tamaño de la batería.

Gil et al., (2015) nos menciona que: “Si se busca un vehículo eléctrico que sea similar a los vehículos de combustión, en términos de tamaño, espacio y peso, las baterías no deberían de pesar más de 300 kg” (p.9).

En la Figura 4 se observan las diferentes tecnologías que se han ido estudiando para la aplicación en vehículos eléctricos, se pueden observar las densidades de energía alcanzadas y las que se prevén alcanzar.

Figura 18

Perspectivas de los nuevos diseños de celdas



Nota. Tomado de (Gil et al., 2015)

Un camino a largo plazo va a ser el desarrollo del uso de Litio-aire, mientras tanto la alternativa de Litio-ion es la más viable.

Metal-Aire

Las baterías Metal-aire son las más compactas y potencialmente las más económicas, la energía específica teórica que pueden alcanzar es de 11000 Wh/kg.

Sin embargo, en la actualidad el uso de este tipo de baterías está limitada a aplicaciones de baja escala como en audífonos. Una de la mayor desventaja que presentan estas baterías es su baja eficiencia que es de alrededor del 50% debido su ineficiente recarga eléctrica

Litio-Azufre

Las baterías de litio-azufre (Li-S) han atraído mucha atención últimamente porque tienen una energía específica teórica muy alta (2500 Wh/kg), cinco veces mayor que la de las baterías comerciales de LiCoO₂/grafito. Como resultado, son fuertes contendientes para el almacenamiento de energía de próxima generación en las áreas de electrónica portátil, vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento de energía renovable como la energía eólica y la energía solar. (L. Chen & Shaw, 2014)

La principal desventaja de esta tecnología es su baja ciclabilidad, sin embargo, sigue siendo un gran candidato para el almacenamiento de energía.

Sodio-Ion

Las baterías de sodio se investigaron inicialmente junto con las baterías de Li a finales de los años 1970 y durante los años 1980. Sin embargo las baterías de litio presentaban una mayor densidad de energía como resultado de un mayor potencial y una menor masa lo que desvió la atención sobre las baterías de sodio (Ellis & Nazar, 2012).

Las celdas de Sodio-ión no emplean el sodio como electrodo negativo; utilizan carbones no grafitizables o compuestos de intercalación. El electrodo negativo es uno de los componentes más críticos de este tipo de celdas; de hecho, carbones grafiticos típicamente empleados en tecnología de Litio-ión no se pueden usar en esta tecnología. En la descarga, el electrodo negativo se oxida, el sodio se libera hacia el electrólito mientras que el cátodo intercala sodio y se reduce en la descarga. (Gil et al., 2015, p10)

Capítulo III

Protocolo del proceso de operación, diagnóstico y mantenimiento baterías de alta tensión de vehículos híbridos y eléctricos

En ese capítulo se da a conocer los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de las baterías de alta tensión, tomando en cuenta múltiples fuentes de información. Para realizar el diagnóstico se usaron datos proporcionados por el fabricante y del escáner automotriz, en el caso del mantenimiento hizo uso del módulo de carga y descarga, el cual nos permitió obtener graficas de voltaje, corriente y resistencia en tiempo real, lo cual facilita el análisis del estado de la batería y así poder garantizar un buen funcionamiento de los packs.

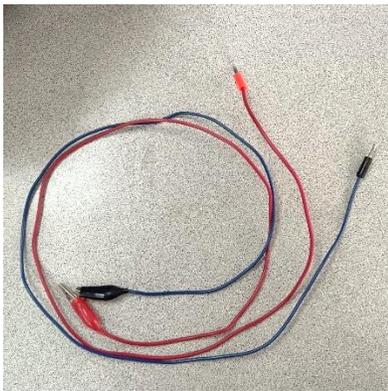
Materiales y equipos

Tabla 6

Materiales y equipos

Materiales / Equipos	Imagen	Especificaciones
Guantes de seguridad		Par de guantes recubiertos con Nitrilo, ideal para la ser usado en la mecánica.
Multímetro automotriz		<p>Funciones típicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • AMPERAJE: en AC y DC hasta 20 AMP. • RESISTENCIA: hasta 40 Mega ohmios y pito en continuidad • VOLTAJE: hasta 500V. AC y DC. • KV: escala especial para medir kilovoltios en secundario de bobina, cables de bujía (0 - 40KV).

Materiales / Equipos	Imagen	Especificaciones
<p>Taladro inalámbrico</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Tensión taladro: 18 Vcc • Capacidad batería: 18 Vcc – 4,0 Ah • Tensión del cargador: 220 V – 50 Hz • Tiempo carga batería: 2 hs • Batería tipo: Ion-Litio
<p>Caja de herramientas de 3/8</p>		<p>Marca SATA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fabricado en Cr-V, que permite una alta resistencia • Base de la copa con tratamiento térmico para mayor durabilidad y resistencia • Acabado cromado
<p>Caja de herramientas de 1/2</p>		<p>Marca SATA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fabricado en Cr-V, que permite una alta resistencia • Base de la copa con tratamiento térmico para mayor durabilidad y resistencia • Acabado cromado
<p>Juego de destornilladores</p>		<p>Juego de 8 destornilladores plano-estrella marca Stanley</p>

Materiales / Equipos	Imagen	Especificaciones
Balaceador de baterías		Capacidad de hasta 15 packs.
Compresor de baterías		Capacidad de hasta 16 packs
Módulo de carga y descarga		Voltaje de alimentación de 110v. Permite realizar el proceso de carga y descarga de hasta 16 baterías.
Cables Lagarto-Banana		Juego de 16 pares con un lardo de 30cm.

Verificación y análisis de la batería

Para la verificación y análisis se utilizó diferentes herramientas entre ellas el escáner con los cuales se obtienen parámetros como: voltaje, corriente, resistencia interna, SOC, SOH y temperatura de la batería. Estos parámetros son de vital importancia ya que con ellos se podrán definir cuál es el estado inicial de la batería antes de darle un mantenimiento, si esta lo requiere.

En el caso de que las baterías ya estén desmontadas se usó el multímetro automotriz con el cual se midieron los voltajes iniciales de cada pack, determinando así cual es el pack que está en la peor condición.

Procedimiento y funcionamiento del módulo de carga y descarga

Para el uso adecuado del módulo es necesario tener los siguientes componentes y seguir el siguiente procedimiento:

1. Contar con una fuente de 110v para que los sistemas de carga y descarga del módulo pueda funcionar correctamente.
2. Una vez conectada a una fuente de energía se encendió la CPU la cual tiene el programa que gestiona el módulo de carga y descarga de las baterías.
3. Se conectaron los packs al módulo con ayuda de cables tipo lagarto-banana.
4. Se ejecuto el programa, conectando el USB al módulo y seleccionando los parámetros de carga y descarga establecidos.

Figura 19

Página principal del módulo de carga y descarga



5. Se espero que el módulo reconozca las baterías y después se ejecutó el programa.

Diagnóstico y mantenimiento Toyota Prius 28 packs.

Análisis y procedimiento previo al proceso de mantenimiento de la batería.

- En primer lugar, se debe conocer los parámetros de una batería en buen estado, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 7

Parámetros principales Toyota Prius PHV

Marca	Modelo	Voltaje nominal	Número de celdas	Voltaje por celda	Composición	Capacidad
Toyota	Prius	201.6 V	28	7.2 V	NI MH	6.5 A/h

- Se definió los valores de voltaje máximo y mínimo de cada pack.

$$V_{Max} = 7,2 \times 1,2 = 8,64V$$

$$V_{Min} = 7,2 \times 0,8 = 5,76V$$

- Se enumeró los packs de la batería para tener un orden al momento de analizar las características de cada pack.
- Se realizó una conexión ordenada con el objetivo de evitar cortos en el módulo de carga y descarga.

Medición inicial del voltaje

Antes de medir el voltaje es importante enumerar cada pack, esto con la finalidad de tener un buen sistema de control. Una vez hecho esto se procedió a verificar el voltaje inicial de cada pack, con esta medición se logró obtener una valoración inicial sobre el estado de la batería.

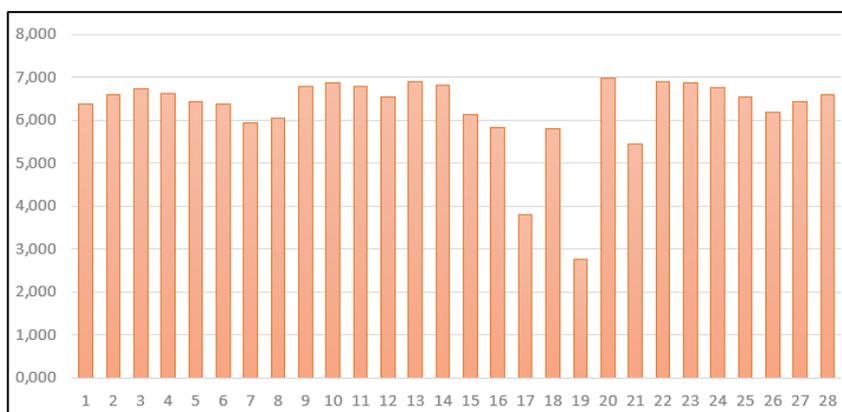
Figura 20*Voltaje inicial del Pack N°1***Tabla 8***Voltaje inicial Bateria Toyota Prius PHV 1-14*

Pack N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Voltaje	6,38	6,60	6,74	6,63	6,43	6,37	5,93	6,04	6,78	6,88	6,78	6,55	6,89	6,83

Tabla 9*Voltaje inicial Bateria Toyota Prius PHV 15-28*

Pack N°	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Voltaje	6,14	5,83	3,802	5,79	2,776	6,97	5,46	6,91	6,87	6,75	6,53	6,19	6,44	6,61

Los packs 17 y 19 son las baterías a las que se les presto más atención ya que el valor de voltaje que estas presentaron están por debajo de la tolerancia establecida.

Figura 21*Voltajes de los 28 packs de batería*

Estado físico y desarmado de la batería

Para el desarmado de la batería se retiró las tapas de protección de los conectores de los packs

Figura 22

Estado inicial de la batería



Una vez retiradas las tapas de seguridad se observó la conexión en serie de las baterías, los cables de control de voltaje de la ECU y lo más importante se verificó la existencia de sulfatación en la batería.

Figura 23

Sulfatación en las chapas



Figura 24

Sulfatación en la conexión del Jumper



Se aflojaron las tuercas de cada pack, esto con el propósito de extraer las chapas sulfatadas y hacerles un mantenimiento.

Figura 25

Extracción de las chapas



Se quitaron los ductos de ventilación y los sensores de temperatura.

Figura 26

Desarmado de sensores y ductos de ventilación



Mantenimiento preventivo de la batería

El principal problema que se generan en las baterías es la generación de oxido en los contactos y chapas. Estas piezas cumplen un rol importante para el funcionamiento correcto de

la batería, ya que se encargan de conectar en serie los packs y de permitir el control de voltaje de cada pack por parte de la ECU de la batería.

Figura 27

Cableado de los medidores de voltaje

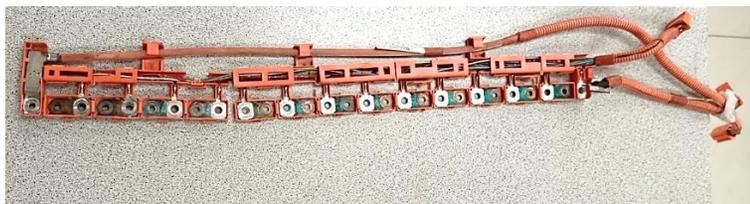


Figura 28

Chapas sulfatadas



Tener sulfatación en los conectores y chapitas genera resistencia al paso de voltaje y provoca aumento de la temperatura. La sulfatación a largo plazo daña el estado de la batería y acorta su vida útil.

Figura 29

Chapas restauradas



Es muy frecuente que las chapas y conectores se sulfaten, por lo que es necesario retirar la batería del vehículo para poder retirar las protecciones y limpiarlas mediante métodos

tradicionales como el uso de bicarbonato, lijas y otros métodos que permitan limpiar impurezas del metal.

Una vez desconectadas las conexiones se retiraron los tornillos de los extremos y del reverso de la batería para que los packs puedan salir libremente. Además, se aflojaron las varillas que comprimen a los packs.

Figura 30

Batería sin cableado



Una vez desarmada la batería se realizó una inspección visual de esta. Revisar si alguno de los packs esta estallada o inflamada, además de verificar si en su base existe corrosión.

Figura 31

Packs sueltos



Balanceo de los packs

Antes de realizar el proceso de carga y descarga a los packs se realizó el proceso de balanceo. Con este proceso se consiguió que las baterías alcancen un equilibrio con respecto a su voltaje. Para que los packs se balanceen se las conectó en paralelo.

Figura 32*Balanceo de packs****Voltaje después de ser balanceadas*****Figura 33***Voltaje después del balanceo Pack 16***Tabla 10***Voltaje después del balanceo Batería Toyota Prius PHV 1-14*

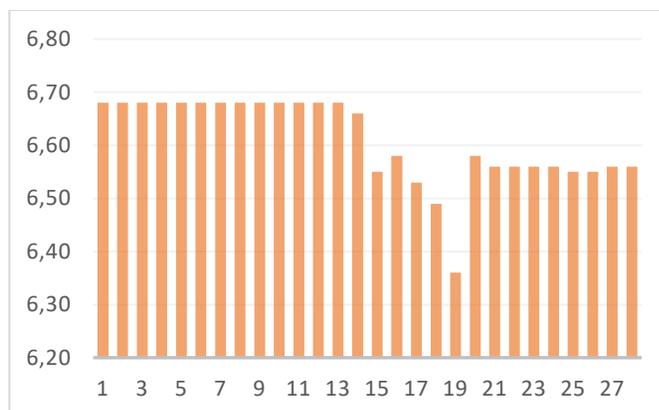
Pack N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Voltaje	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,66

Tabla 11*Voltaje después del balanceo Batería Toyota Prius PHV 15-28*

Pack N°	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Voltaje	6,55	6,59	6,53	6,49	6,36	6,58	6,56	6,56	6,56	6,56	6,55	6,55	6,56	6,56

Figura 34

Voltaje después del balanceo Toyota Prius PHV



Con el proceso de balanceo se logró elevar el voltaje de los packs 17 y 18, ya que estas baterías se encontraban por debajo del rango establecido. Gracias a este proceso se logró la reanimación de todo el conjunto de packs.

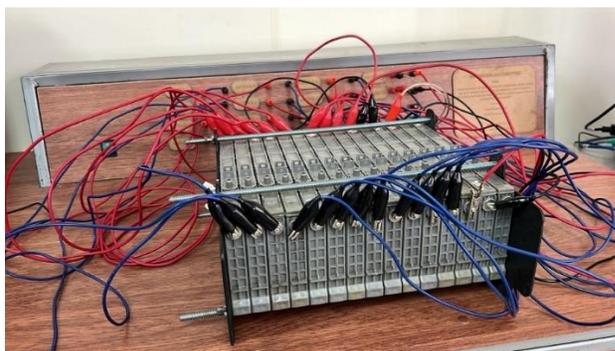
Proceso de carga y descarga

Haciendo uso del módulo desarrollado en la tesis de tema “Investigación de parámetros de desempeño de baterías de alta tensión de vehículos híbridos y eléctricos al aplicar un sistema de mantenimiento controlado para un diagnóstico eficiente” se procedió a realizar conexiones en paralelo al módulo tal como se observa en la **Figura 35**.

Cabe destacar que el límite es de 14 packs por proceso de carga, descarga y ecualización. Y en esta primera etapa se colocaron packs desde la 14 hasta la 28.

Figura 35

Conexión de los packs Toyota Prius PHV al módulo de carga y descarga



La ventaja de este módulo es que realiza el proceso de carga y descarga de manera automática, además de darnos graficas de corriente, voltaje y de resistencia en vivo de cada pack, lo que facilito el proceso de análisis.

Se ingresaron los parámetros según el tipo de batería como se observa en la **figura 36**.

Figura 36

Página principal del módulo de control de carga y descarga Toyota Prius PHV

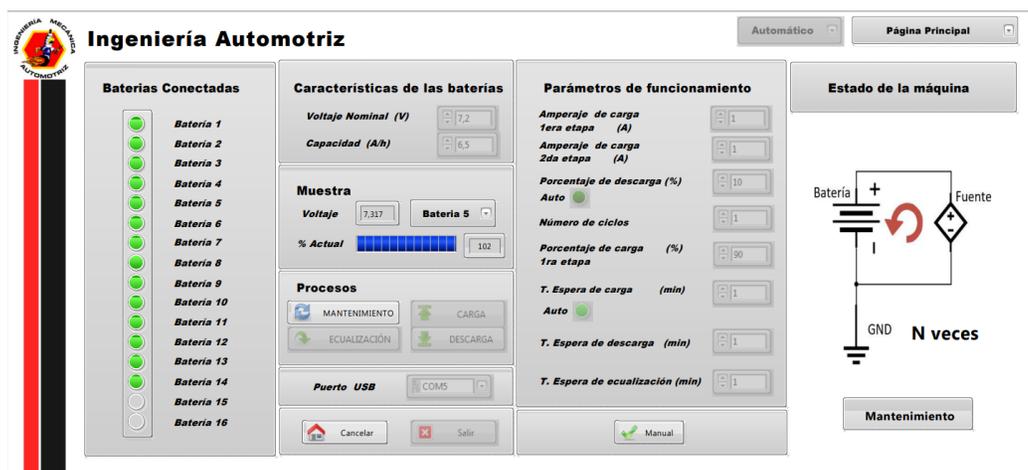
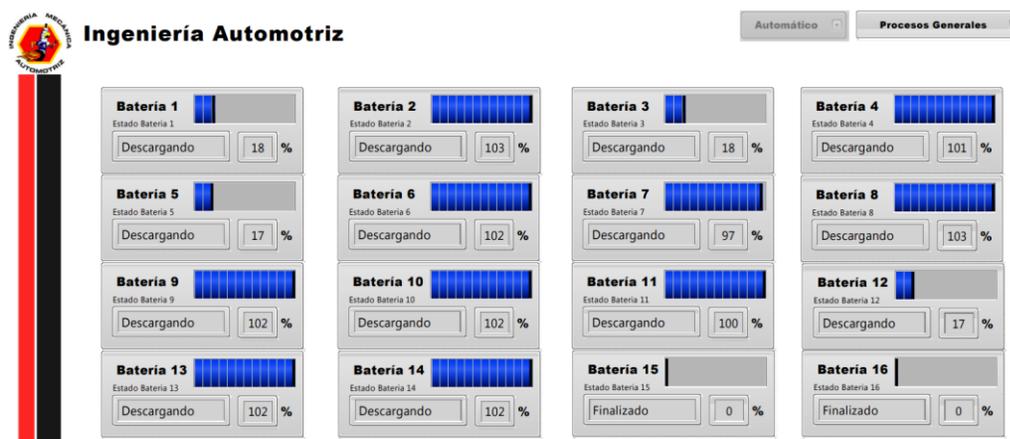


Figura 37

Procesos generales del módulo de control de carga y descarga Toyota Prius PHV



En la **figura 36** de “Procesos generales” se observó qué etapa del proceso de carga y descarga está cada pack, además se muestra el porcentaje de voltaje de cada batería. Esta grafica nos permitió controlar de una manera más rápida el proceso.

Graficas de Voltaje, corriente y resistencia

Con el módulo se obtuvieron graficas características del voltaje, corriente y resistencia de cada pack, se realizó la comparación de un pack en buen estado y otro en mal estado.

Figura 38

Procesos individuales Toyota Prius PHV Batería en buen estado

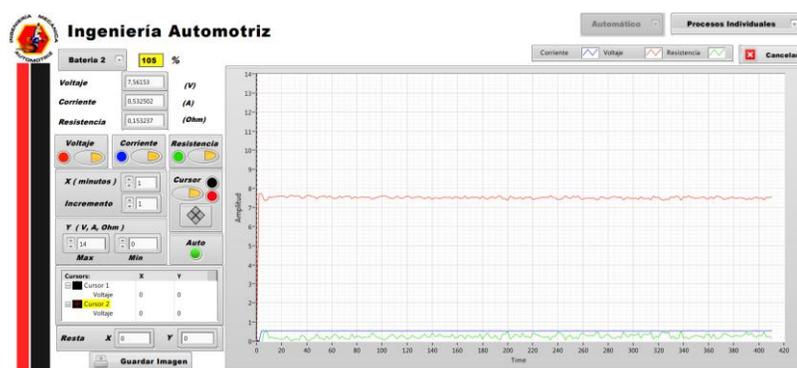
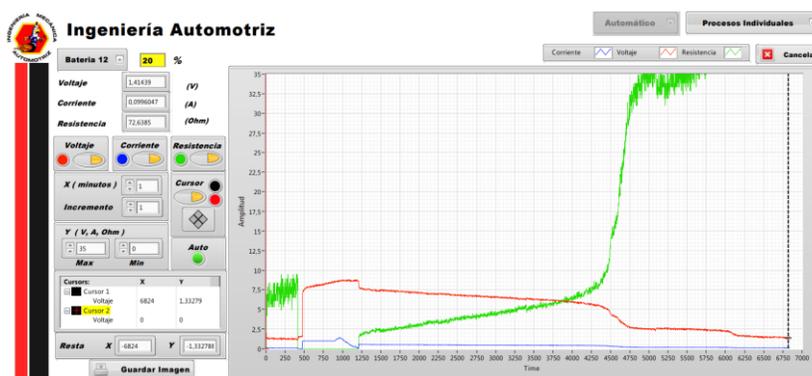


Figura 39

Procesos individuales Toyota Prius PHV Batería defectuosa



En la **figura 38** se puede observar como el voltaje de la batería se reduce de forma casi lineal, además que la resistencia que presenta se mantiene estable. Caso contrario se observa en la **figura 39** en donde el voltaje cae de forma rápida además la resistencia cambia de valor considerablemente. Aquí se evidencia el mal funcionamiento del pack.

Con el análisis de las gráficas se llegó a la conclusión que el pack 27 deberá ser remplazado ya que esta se carga y descarga de forma rápida, además su valor de resistencia cambia de manera brusca, lo que evidencia su mal funcionamiento.

Voltaje después del proceso de carga y descarga

Una vez finalizado el proceso de carga y descarga se tomaron los valores de voltaje de cada pack, con el objetivo de controlar el voltaje.

Figura 40

Voltaje después de la carga y descarga Pack 14



Tabla 12

Voltaje después de la carga y descarga Batería Toyota Prius 1-14

Pack N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Voltaje	8,42	8,47	7,84	8,44	7,91	8,18	7,37	8,06	8,07	8,39	8,42	6,73	8,39	7,83

Tabla 13

Voltaje después de la carga y descarga Batería Toyota Prius 15-28

Pack N°	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Voltaje	8,08	8,32	7,69	8,36	8,18	7,86	7,82	7,75	7,78	7,76	7,50	7,08	5,89	7,44

Voltaje después del balanceo

Con el balanceo se garantiza que al momento de armar de nuevo la batería todos los packs estén al mismo nivel de voltaje lo que evidencia que se hizo un mantenimiento adecuado.

Este proceso se lo realiza con los packs que pasaron la prueba de carga y descarga, tras el análisis de las gráficas de manera individual se pudo determinar el pack 27 es la que se debe sustituir. Su grafica se puede observar en la **figura 39**.

Tabla resumen del proceso

Tabla 14

Tabla resumen del proceso de mantenimiento Toyota Prius PHV

Pack N°	Voltaje Inicial	Primera Balanceada	Carga y descarga	Voltaje al final del proceso
1	6,380	6,68	8,420	7,75
2	6,600	6,68	8,470	7,75
3	6,740	6,68	7,840	7,75
4	6,630	6,68	8,440	7,75
5	6,430	6,68	7,910	7,75
6	6,370	6,68	8,180	7,75
7	5,930	6,68	7,370	7,75
8	6,040	6,68	8,060	7,75
9	6,780	6,68	8,070	7,75
10	6,880	6,68	8,390	7,75
11	6,780	6,68	8,420	7,75
12	6,550	6,68	6,730	7,75
13	6,890	6,68	8,390	7,75
14	6,830	6,66	7,830	7,75
15	6,140	6,55	8,080	7,75
16	5,830	6,58	8,320	7,75
17	3,802	6,53	7,690	7,75
18	5,790	6,49	8,360	7,75
19	2,776	6,36	8,180	7,75
20	6,970	6,58	7,860	7,75
21	5,460	6,56	7,820	7,75
22	6,910	6,56	7,750	7,75
23	6,870	6,56	7,780	7,75
24	6,750	6,56	7,760	7,75
25	6,530	6,55	7,500	7,75
26	6,190	6,55	7,080	7,75
27	6,440	6,56	5,890	4,9
28	6,610	6,56	7,440	7,75

Los packs 17 y 19 presentaron problemas de voltaje al iniciar el mantenimiento ya que estas baterías estaban por debajo del voltaje permitido, sin embargo, tras realizar el balanceo y el proceso de carga y descarga se las lograron reactivar.

Con el módulo de carga y descarga se logró identificar que el pack 27 tenía problemas ya que de cargaba y descargaba de manera diferente a las demás, tras el análisis de sus graficas se logró determinar que este pack deberá ser retirado.

Reparación y reemplazo de partes dañadas

Después de realizar todo el proceso de rehabilitación de los packs, se deben eliminar las que no respondieron de buena manera, en este caso el pack 27. Se la debe reemplazar con otro pack que esté debidamente probado.

Figura 41

Montaje de los packs en la carcasa



Armado y comprobación de parámetros

Antes del armado de los packs se realizó la inspección de la carcasa de la batería, está debe estar en buenas condiciones, es decir que este sin polvo y libre de corrosión.

Figura 42

Inspección de la carcasa



Se realizó el armado de la batería y se calculó los parámetros que definen el estado de la batería repotenciada.

Figura 43

Voltaje Packs 1-9

**Figura 44**

Voltaje Packs 10-28



Cálculos de la batería

Antes del mantenimiento

Voltaje de la batería

Para obtener el voltaje total de la batería se debe sumar el voltaje de cada pack.

$$V_{Total} = V_{Pack1} + V_{Pack1} + V_{Pack2} + \dots + V_{Pack n}$$

$$\begin{aligned} V_{Total} = & 6,38 + 6,6 + 6,74 + 6,63 + 6,43 + 6,37 + 5,93 + 6,04 + 6,78 + 6,88 + 6,78 \\ & + 6,55 + 6,89 + 6,83 + 6,14 + 5,83 + 3,802 + 5,79 + 2,776 + 6,97 + 5,46 + 6,91 + 6,87 \\ & + 6,75 + 6,53 + 6,19 + 6,44 + 6,61 \end{aligned}$$

$$V_{Total} = 174,898v$$

Capacidad de potencia

La capacidad de potencia se la calcula usando el voltaje total del batería multiplicado por la potencia del pack.

$$P = V_{Total} \times Cap$$

$$P = 174,898V \times 6,5 A/h$$

$$P = 1.136,837 \text{ w/h} \rightarrow 1,136 \text{ kw/h}$$

Después del mantenimiento

Voltaje de la batería

Como la batería ya está armada se dividió la batería en 2 packs, según la figura 42 y figura 43, así se obtuvo el voltaje total de la batería.

$$V_{Total} = V_{Pack1} + V_{Pack1} + V_{Pack2} + \dots + V_{Pack n}$$

$$V_{Total} = 70 + 147$$

$$V_{Total} = 217v$$

Capacidad de potencia

$$P = V_{Total} \times Cap$$

$$P = 217V \times 6,5 A/h$$

$$P = 1.410,5 \text{ w/h} \rightarrow 1,41 \text{ kw/h}$$

Estado de carga SOC

Para el proceso de carga el módulo trabajo con 2 A por un tiempo de 3.5 h, con estos datos se calculó el SOC, como se muestras a continuación:

$$SoC = SoC_0 - \frac{I_{Carga} \times t}{Cn}$$

$$SoC = 100\% - \frac{2A \times 3,5h}{6,5 A/h}$$

$$SoC = 98,92\%$$

Estado de descarga DSOC

Se calculo el estado de descarga usando la **Ecuación 3**:

$$DSoC = 100\% - 98,92\%$$

$$DSoc = 1,08\%$$

Estado de salud SOH

Se calculó el estado de salud de la batería con una variación del SOC del 1.8% que se obtuvo con la siguiente ecuación.

$$\Delta SoC = SoC_0 - SOC$$

$$\Delta SoC = 100 - 98,92$$

$$\Delta SoC = 1,08\%$$

Con la variación del SOC es posible calcular la capacidad real. El módulo trabajo a 1 A con un tiempo de descarga de 3.5 h y se obtuvo lo siguiente:

$$C_{Real} = \frac{100 \times I_{Des} \times T_{Des}}{\Delta SOC}$$

$$C_{Real} = \frac{100 \times 1 \times 3.5}{60 \times 1,08}$$

$$C_{Real} = 5,4 A/h$$

Finalmente, con la capacidad esperada y la capacidad nominal de la batería se obtuvo el porcentaje de estado de salud de la batería.

$$SOH = \frac{C_{Real} \times 100}{C_{Nominal}}$$

$$SOH = \frac{5,4 \times 100}{6,5}$$

$$SOH = 83,077\%$$

Análisis de resultados

Como se puede observar en la **Tabla 15** se logró elevar el voltaje total de la batería ya que antes del mantenimiento esta se encontraba con un valor de 174,898v lo que evidenciaba que la batería se encontraba descargada. Gracias al mantenimiento se logró elevar el voltaje a 217v y provocó que la batería tenga mejores prestaciones al momento de su uso. Además de eso se evidencio que la capacidad de la batería se elevó de 1.136 kW/h a 1,41 kW/h amentando así la autonomía de la batería.

Tabla 15

Comparación de parámetros eléctricos Toyota Prius PHV

Parámetros	Antes	Después
Voltaje Total (V)	174,898	217
Capacidad de potencia (kW/h)	1,136	1,41
Autonomía (km)	1,74	2,17

Mediante la **Tabla 16** se puede comprobar que con el mantenimiento se logró obtener un SOC del 98,92% y un SOH del 83,077%, cuyos valores demuestran que la batería está en buenas condiciones y que se puede seguir haciéndose uso de ella.

Tabla 16

SOC y SOH del Toyota Prius

Parámetros	Porcentaje
SOC	98,92 %
SOH	83,077 %

Diagnóstico y mantenimiento Toyota Highlander 30 packs

Análisis y procedimiento previo al proceso de mantenimiento de la batería.

- Los parámetros establecidos por los fabricantes de este modelo son prioridad para poder realizar el diagnóstico y posteriormente el mantenimiento, se mencionan algunos aspectos importantes de la batería de este modelo Toyota a continuación:

Tabla 17

Características de la batería Highlander

Marca	Modelo	Voltaje nominal	Número de celdas	Voltaje por celda	Composición	Capacidad
Toyota	Highlander	288 V	30	9.6 V	NiMH	6.5 A/h

- Se estableció el voltaje máximo y mínimo para cada pack.

$$V_{Max} = 9,6 \times 1,2 = 11,52V$$

$$V_{Min} = 9,6 \times 0,8 = 7,68V$$

- Seguido de esto se debe enumerar los packs de la batería para tener un orden al momento de analizar las características de cada pack.
- Las conexiones de los packs en el módulo de carga son bastante importantes ya que nos permitirá ir monitoreando el efecto que tiene el voltaje sobre cada pack.

Medición inicial del voltaje

Primero se enumeró cada pack para establecer un sistema de control efectivo. Una vez completada esta tarea, se procedió a verificar el voltaje inicial de cada pack. Esta medición proporcionó una evaluación inicial del estado de la batería.

Figura 45

Voltaje inicial de la batería

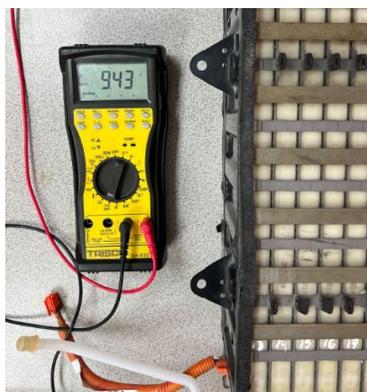


Tabla 18

Voltaje inicial de la Batería Toyota Highlander 1-14

Pack N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Voltaje	9,86	9,86	9,78	9,75	9,71	9,65	9,55	9,70	9,71	9,80	9,79	9,87	9,77	9,60	7,55

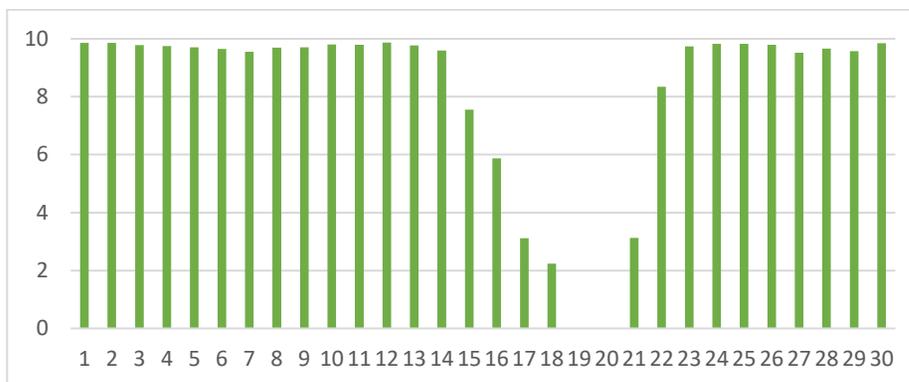
Tabla 19

Voltaje inicial de la Batería Toyota Highlander 15-30

Pack N°	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Voltaje	5,87	3,12	2,24	0	0	3,13	8,34	9,74	9,83	8,83	8,79	9,52	9,66	9,57	9,85

En la **tabla 18** y **tabla 19** se puede observar que el pack 15,16,17,18 y 21 son los que se deben poner atención, ya que el valor de voltaje está por debajo de la tolerancia establecida, el pack 19 y 20 están con valores fuera de lo permitido considerándolos en corto circuito.

Figura 46
Voltajes de los 28 packs de batería



Estado físico y desarmado de la batería

En primer lugar, se retira las tapas superiores de protección de los conectores, sensores de temperatura y packs

Figura 47
Estado inicial de la batería



Ya retiradas las tapas de seguridad se podrá visualizar la conexión en serie de las baterías, los cables de control de voltaje de la ECU, los sensores de temperatura de las baterías como se muestra en la **Figura 47**.

Figura 48
Desarmado parcial de la batería



Como siguiente paso, se retiró el soporte inferior y desconectando módulos en serie de las baterías, los 30 pack de las baterías se pueden apreciar

Figura 49
Batería Highlander desarmada completamente



Se realizó un chequeo visual del estado de las chapas de este sistema de baterías, por lo cual el resultado estuvo positivo ya que estas no presentaron ninguna sulfatación en las mismas ni tampoco alguna anomalía.

Figura 50
Chequeo de chapas de sus terminales



Mantenimiento preventivo de la batería

Un aspecto importante y sencillo de fijarnos es el óxido y la sulfatación de las chapas ya que estos contactos permiten que cada pack esté conectado en serie y así poder suministrar la carga correcta al sistema híbrido del vehículo, como se puede apreciar en la **Figura 51** las chapas en esta batería se encuentran en perfecto estado.

Figura 51
Chapas de la batería Highlander



El sistema de conexión y paso de voltaje se encuentra en buenas condiciones, ya que este no posee sulfato por efecto el conjunto de baterías está operando con normalidad.

Figura 52
Pack de 12 sin las conexiones

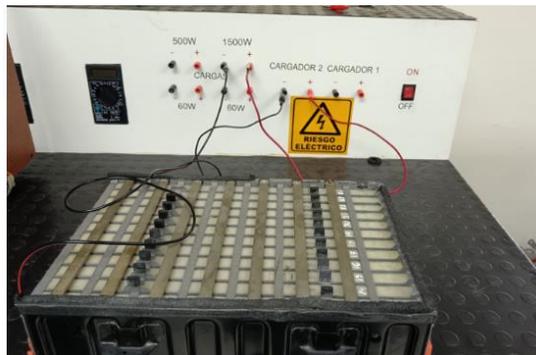


Una vez desarmada la batería es importante realizar una inspección visual de esta. Revisar si alguno de los packs está estallada o inflamada, además de verificar si en su base existe corrosión.

Reanimación de packs

Como algunos packs se encontraban en corto circuito (0V), se realizó una carga aproximadamente por 30 minutos en un cargador especial de 140V conectado a una carga de 1500 W en serie.

Figura 53
Conexión de un modelo de 12 pack en corto circuito



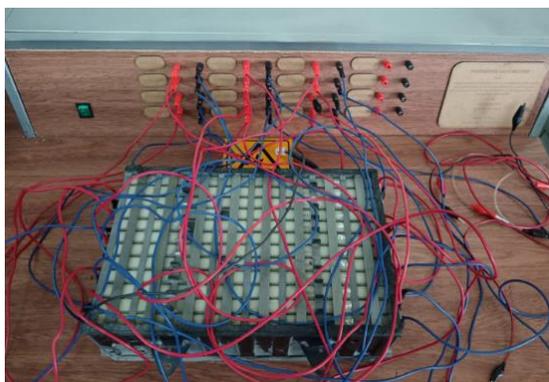
Una vez transcurrido este tiempo se debe desconectar y dejar reposar este módulo unos 30 minutos mas para que el voltaje logre equilibrarse, sin embargo una ves concluido esta carga se pudo evidenciar que el voltaje incremento de manera eficiente en cada pack.

Proceso de carga y descarga

Haciendo uso del módulo desarrollado en la tesis de tema “Investigación de parámetros de desempeño de baterías de alta tensión de vehículos híbridos y eléctricos al aplicar un sistema de mantenimiento controlado para un diagnóstico eficiente” se procede a hacer conexiones en paralelo al módulo. Cabe destacar que el límite es de 14 packs por proceso de carga, descarga y ecualización.

Sin embrago para evitar que las baterías se inflen lo primero que se debe hacer es colocar a las baterías en un prensador.

Figura 54
Vista del módulo prensado y conectado al módulo de carga y descarga



La ventaja de este módulo es que realiza el proceso de carga y descarga de manera automática, además de darnos datos de corriente, voltaje y de resistencia en vivo de cada pack, facilitándonos el realizar de este proceso.

Figura 55
Página principal Toyota HighLander

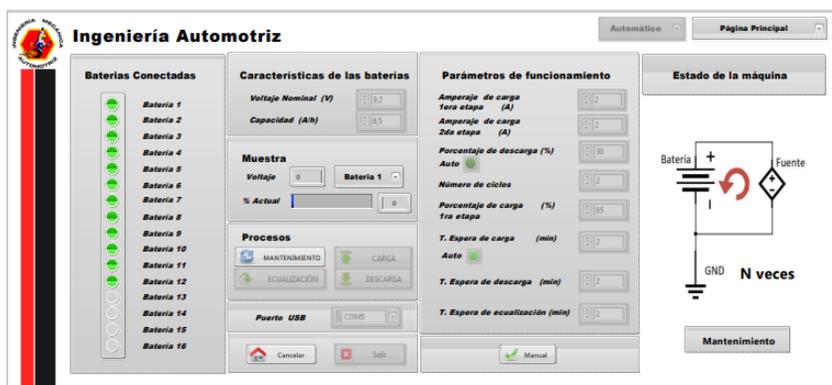
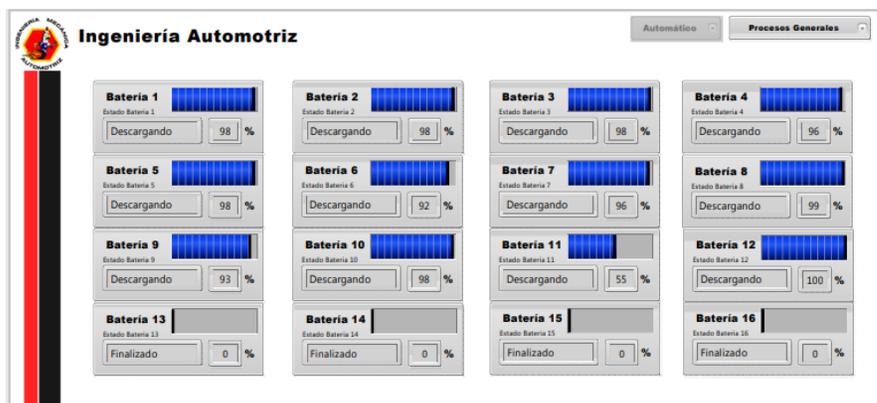


Figura 56
Procesos generales Toyota HighLander



En la **Figura 56** de “Procesos generales” se observa en qué etapa del proceso de carga y descarga está cada pack, además se muestra el porcentaje de voltaje de cada batería. Esta grafica nos permite controlar de una manera más rápida el proceso.

Graficas de Voltaje, corriente y resistencia

Gracias al módulo de carga y descarga se puede evidenciar parámetros como el voltaje, resistencia y corriente, siendo estos indicadores del estado de salud de la batería.

Figura 57
Batería en buen estado Toyota Highlander

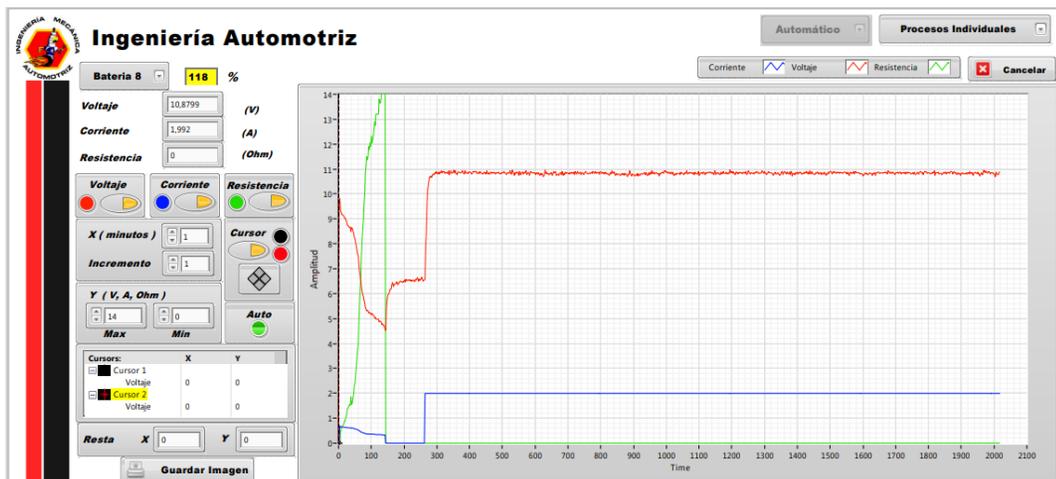
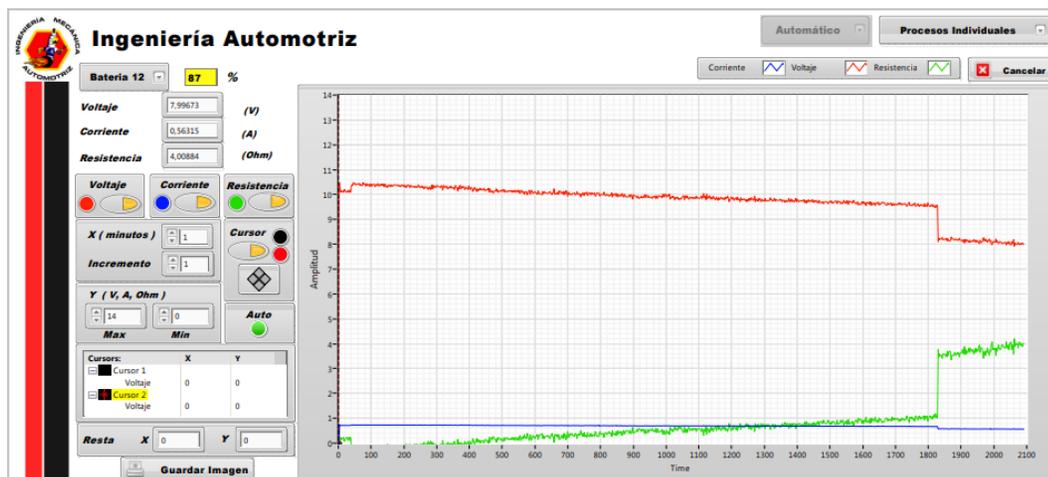


Figura 58
Batería defectuosa Toyota Highlander



En las gráficas se pueden evidenciar que una que en la batería buena la carga es constante, mientras que en la defectuosa el voltaje no sigue una linealidad, por lo cual la resistencia interna de esta va a ir variando de acuerdo con el voltaje suministrado

Figura 59
 Voltaje después del proceso de carga y descarga

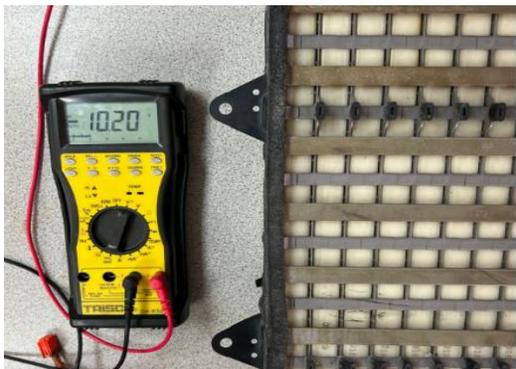


Tabla 20
 Voltaje después de carga de la Batería Toyota Highlander 1-14

Pack N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Voltaje	10,30	10,15	10,70	10,22	10,16	10,03	9,97	9,73	10,38	10,25	10,11	10,27	9,98	10,07

Tabla 21
 Voltaje después de carga de la Batería Toyota Highlander 15-30

Pack N°	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Voltaje	9,70	9,81	8,17	9,33	8,68	8,88	9,32	9,76	10,78	10,35	10,19	10,69	10,73	10,42	9,97	10,81

Figura 60
 Voltajes de los 30 packs de batería después de la carga

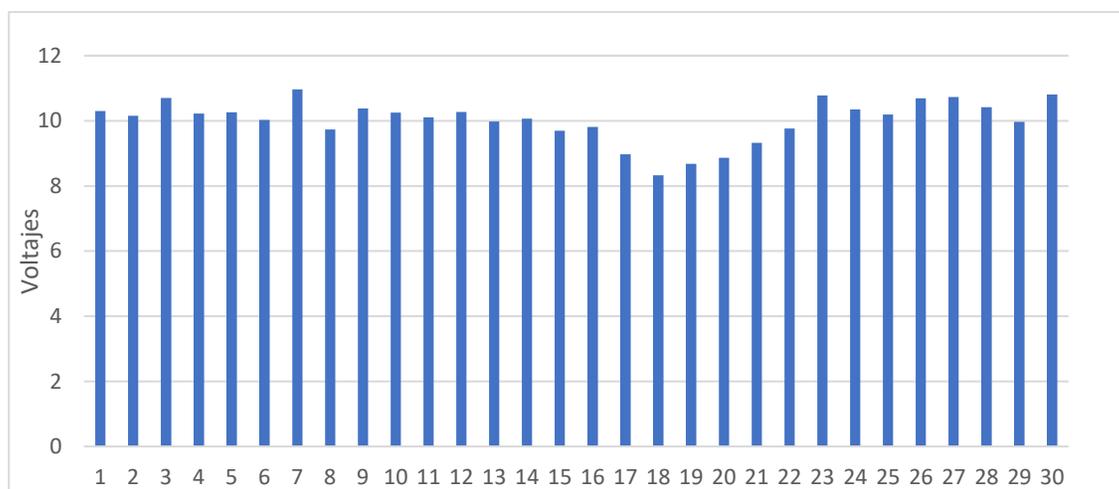


Tabla 22*Tabla resumen del proceso de mantenimiento Toyota Highlander*

Pack N°	Voltaje Inicial (V)	Voltaje Final (V)
1	9,86	10,30
2	9,86	10,15
3	9,78	10,70
4	9,75	10,22
5	9,71	10,16
6	9,65	10,03
7	9,55	10,97
8	9,7	9,73
9	9,71	10,38
10	9,8	10,25
11	9,79	10,11
12	9,87	10,27
13	9,77	9,98
14	9,6	10,07
15	7,55	9,70
16	5,87	9,81
17	3,12	8,97
18	2,24	8,33
19	0	8,68
20	0	8,87
21	3,13	9,32
22	8,34	9,76
23	9,74	10,78
24	9,83	10,35
25	9,83	10,19
26	9,79	10,69
27	9,52	10,73
28	9,66	10,42
29	9,57	9,97
30	9,85	10,81

Análisis de la tabla

Con la **tabla 22** se puede observar que los valores de voltaje después del proceso de carga y descarga de los packs que se tenía en observación se reanimaron y aumentaron su vida útil.

Armado y comprobación de parámetros batería Highlander

Una vez concluida la carga de los 30 packs de batería se debe realizar una inspección visual de los elementos donde van apoyados los módulos de batería, estos podrían tener sulfato, polvo o basuras, por eso es importante verificar estos puntos antes de montarlas.

Se va a proceder a realizar el armado respectivo de los 30 packs de batería, estos a su vez están separados en dos módulos de 12 packs cada uno y un módulo de 6 packs.

Figura 61

Armado de baterías highlander



Completando el proceso de armado de la batería se procede a tomar el valor total que entrega la batería repotenciada al vehículo híbrido.

Cálculos de la batería

Antes del mantenimiento

Voltaje de la batería

Se sumo el voltaje obtenido de cada pack para poder calcular el voltaje total de la batería.

$$V_{Total} = V_{Pack1} + V_{Pack2} + V_{Pack3} + \dots + V_{Packn}$$

$$V_{Total} = 9,86 + 9,86 + 9,78 + 9,75 + 9,71 + 9,65 + 9,55 + 9,70 + 9,71 + 9,80 + 9,79 \\ + 9,87 + 9,77 + 9,60 + 7,55 + 5,87 + 3,12 + 2,24 + 0 + 0 + 3,13 + 8,34 + 9,74 \\ + 9,83 + 9,83 + 9,79 + 9,52 + 9,66 + 9,57 + 9,85$$

$$V_{Total} = 244,44 \text{ v}$$

Capacidad de potencia

La capacidad de potencia se usa el voltaje total del batería multiplicado por la potencia del pack.

$$P = V_{Total} \times Cap$$

$$P = 244,44 V \times 6,5 A/h$$

$$P = 1.588,86 W/h \rightarrow 1,588 kW/h$$

Después del mantenimiento

Voltaje de la batería

Se sumaron los voltajes obtenidos al final del proceso de mantenimiento.

$$V_{Total} = V_{Pack1} + V_{Pack2} + V_{Pack3} + \dots + V_{Packn}$$

$$V_{Total} = 10,30 + 10,15 + 10,70 + 10,22 + 10,16 + 10,03 + 10,97 + 9,73 + 10,38 + 10,25 + 10,11$$

$$+ 10,27 + 9,98 + 10,07 + 9,70 + 9,81 + 8,97 + 8,33 + 8,68 + 8,87 + 9,32 + 9,76 + 10,78$$

$$+ 10,35 + 10,19 + 10,69 + 10,73 + 10,42 + 9,97 + 10,81$$

$$V_{Total} = 300,8 v$$

Capacidad de potencia

$$P = V_{Total} \times Cap$$

$$P = 300,8V \times 6,5 A/h$$

$$P = 1.955,2 W/h \rightarrow 1,95 kW/h$$

Estado de carga SOC

El estado carga se calculó con los datos obtenidos con el módulo carga y descarga. Se trabajo con 2 A por un tiempo de 4.0 h, determinando así el valor porcentual del SOC, como se muestras a continuación:

$$SoC = SoC_0 - \frac{I_{carga} \times t}{Cn}$$

$$SoC = 100\% - \frac{2A \times 4h}{6,5 A/h}$$

$$SoC = 98,76\%$$

Estado de descarga DSOC

Se calculó el estado de descarga usando la **Ecuación 3**:

$$\begin{aligned}
 DSoC &= 100\% - SOC \\
 DSoC &= 100\% - 98,76\% \\
 DSoC &= 1,24\%
 \end{aligned}$$

Estado de salud SOH

Bajo el criterio de una ecuación se pudo determinar la variación del SOC en el cómo se en el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned}
 \Delta SoC &= SoC_0 - SOC \\
 \Delta SoC &= 100 - 98,76 \\
 \Delta SoC &= 1,24\%
 \end{aligned}$$

Con la variación del SOC es posible calcular la capacidad real. El módulo de trabajo a 1 A con un tiempo de descarga de 4 h y se obtuvo lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 C_{Real} &= \frac{100 \times I_{Des} \times T_{Des}}{60 * \Delta SOC} \\
 C_{Real} &= \frac{100 \times 1 \times 4}{60 \times 1,24} \\
 C_{Real} &= 5,38 A/h
 \end{aligned}$$

Para finalizar, la capacidad esperada y la capacidad nominal de la batería son requisitos importantes a la hora de calcular el porcentaje de estado de salud de la batería.

$$\begin{aligned}
 SOH &= \frac{C_{Real} \times 100}{C_{Nominal}} \\
 SOH &= \frac{5,38 \times 100}{6,5} \\
 SOH &= 82,77\%
 \end{aligned}$$

Análisis de resultados

Se puede evidenciar en la **Tabla 23**, los valores iniciales de la batería estaban bajos sin embargo con el proceso de mantenimiento se pudo aumentar el voltaje de esta. Antes del mantenimiento, este valor era de 244,44 V, un gran indicador de que la batería no estaba en óptimas condiciones de uso, después del proceso de carga y descarga, se elevó el voltaje a 300,8 V, lo que mejoró significativamente el rendimiento de la batería durante su uso. La capacidad de la batería también fue un factor que aumento ya que el estado de la batería

estaba en óptimas condiciones pasando de 1,588 kWh a 1,95 kWh, lo que incrementa su autonomía.

Tabla 23

Comparación de parámetros eléctricos Toyota Highlander

Parámetros	Antes	Después
Voltaje Total (V)	244,44	300,8
Capacidad de potencia (kW/h)	1,588	1,95

Los valores de la **Tabla 24** estado de carga SOC y del estado de vida de la batería SOH nos proporcionan una visión general del estado actual de la batería

Tabla 24

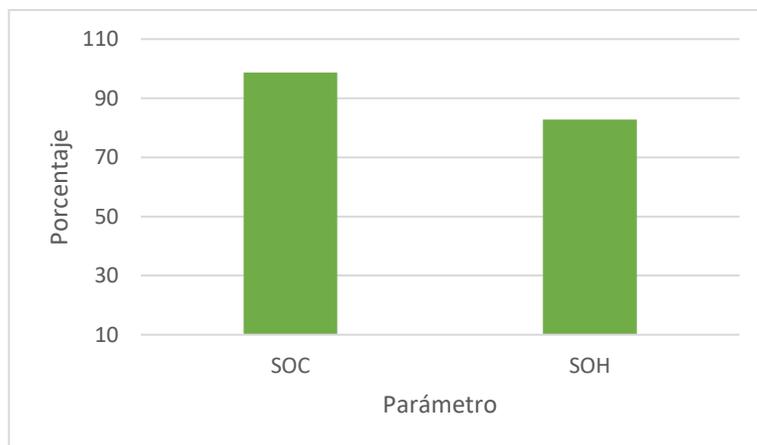
SOC y SOH de la batería de Toyota Highlander

Parámetros	Porcentaje
SOC	98,76 %
SOH	82,77 %

En la que se puede observar que los porcentajes que entregan los cálculos son mayores al 80%, las baterías se encuentran en condiciones óptimas para su uso después del proceso enunciado.

Figura 62

Valores porcentuales de SOH y SOC



Diagnóstico y mantenimiento Toyota Prius Gen 2 3 (Baterías cilíndricas)

Análisis y procedimiento previo al proceso de mantenimiento de la batería.

- Parámetros iniciales de la batería:

Tabla 25

Características de la batería Toyota Prius Gen 2 3 (Baterías cilíndricas)

Marca	Modelo	Voltaje nominal	Número de baterías	Voltaje por celda	Composición	Capacidad
Toyota	Prius GEN 2 3	201,6 V	28	7.2 V	NiMH	6.5 A/h

Figura 63

Estado inicial de la batería con packs cilíndricos



- Se definió el voltaje máximo y mínimo para cada pack.

$$V_{Max} = 14,4 \times 1,2 = 17,28V$$

$$V_{Min} = 14,2 \times 0,8 = 11,52V$$

- Seguido de esto se debe enumerar los packs de la batería. En este caso se tuvo dos baterías cilíndricas en serie.

Figura 64

Enumeración de las baterías cilíndricas



- Es importante realizar una buena conexión, ya que cualquier descuido puede dañar al equipo de carga y descarga e inclusive a la batería.

Medición inicial del voltaje

Se procedió a verificar el voltaje inicial de cada pack. Esta medición proporcionará una evaluación inicial del estado de cada par de cilindro.

Figura 65
Voltaje inicial del Pack N°1



Tabla 26
Voltaje inicial de la Batería Cilíndrica Toyota Highlander 1-7

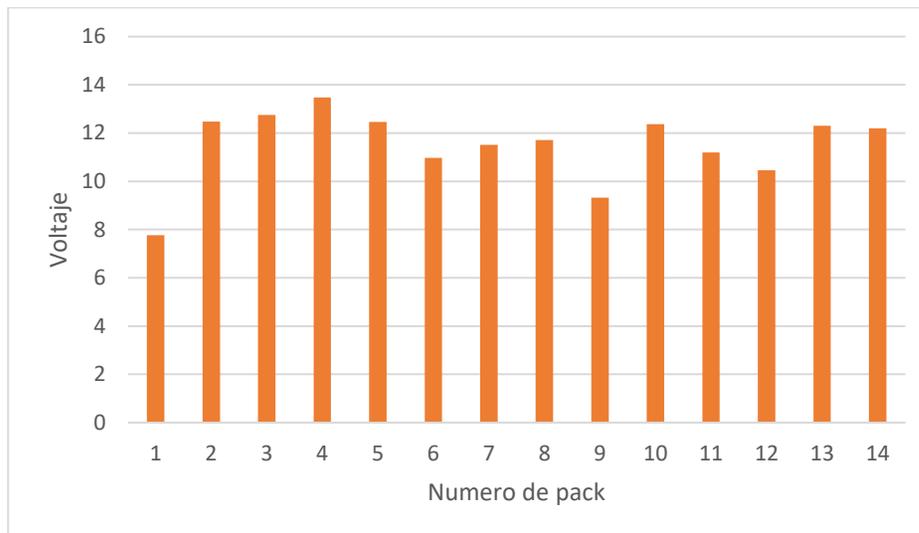
Pack N°	1	2	3	4	5	6	7
Voltaje	7,77	12,48	12,75	13,48	12,47	10,97	11,51

Tabla 27
Voltaje inicial de la Batería Cilíndrica Toyota Highlander 8-14

Pack N°	8	9	10	11	12	13	14
Voltaje	11,71	9,33	12,37	11,2	10,46	12,3	12,2

En las **tablas 26 y 27** se puede observar que el par de cilindros 1, 6, 7, 9, 11 y 12 son los que se deben poner atención, ya que el valor de voltaje está por debajo de la tolerancia establecida.

Figura 66
Voltajes de los 14 packs de baterías cilíndricas



Estado físico y desarmado de la batería

Figura 67
Vista lateral de la batería con packs cilíndricos



Se retiro las tapas de protección de los conectores y sensores de temperatura.

Figura 68
Chequeo de chapas de sus terminales



Como se observa en la **figura 68** el estado de las chapitas y conectores es buena, no se visualiza la presencia de corrosión o sulfatación, lo que indica que la batería fue conservada de buena manera.

Proceso de carga y descarga

Se hizo una conexión en paralelo como en los anteriores procedimientos y se realizó el mantenimiento automatizado con el módulo.

Figura 69

Conexión de la batería cilindra al módulo de carga y descarga



Voltaje después del proceso de carga y descarga

Después del proceso automatizado de carga y descarga se desconectó la batería y se obtuvieron los siguientes voltajes en cada par de cilindro.

Tabla 28

Voltaje después de la carga y descarga Batería Cilíndrica

Pack N°	1	2	3	4	5	6	7
Voltaje	14,32	15,1	14,12	14,5	13,55	13,8	14,2

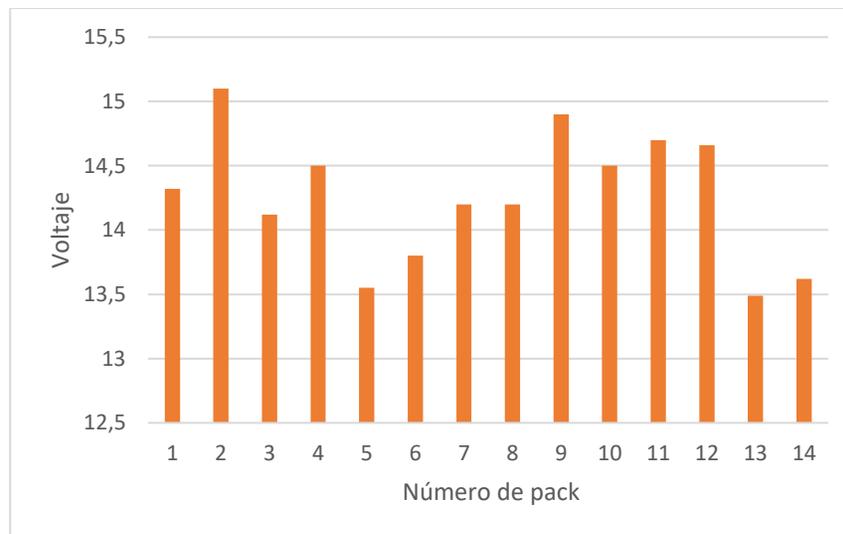
Tabla 29

Voltaje después de la carga y descarga Batería Cilíndrica

Pack N°	8	9	10	11	12	13	14
Voltaje	14,2	14,9	14,5	14,7	14,66	13,49	13,62

Figura 70

Voltajes de los 14 packs de la Batería Cilíndrica



Según la **figura 70** se puede observar que el pack 5 es el que tiene menor voltaje con un valor de 13,55v sin embargo este valor está bajo en el rango permitido. El voltaje máximo que se obtuvo en el proceso de carga y descarga es de 15,1v en el pack 2, este valor de igual manera está en el rango permitido.

Armado y comprobación de parámetros Toyota Prius Gen 2 3 (Baterías cilíndricas)

Acabado el proceso de mantenimiento de la batería se procedió a montar los diferentes elementos de protección que poseía la batería además de montar los sensores de temperatura.

Figura 71

Sensor de temperatura Batería Cilíndrica



Cálculos de la batería

Antes del mantenimiento

Voltaje de la batería

Con los datos de la **tabla 26** y **tabla 27** se obtuvo el valor del voltaje inicial de la batería, sumando los voltajes de cada par de baterías cilíndricas.

$$V_{Total} = V_{Pack1} + V_{Pack2} + V_{Pack3} + \dots + V_{Pack n}$$

$$V_{Total} = 7,77 + 12,48 + 12,75 + 13,48 + 12,47 + 10,97 + 11,51$$

$$+ 11,71 + 9,33 + 12,37 + 11,2 + 10,46 + 12,3 + 12,2$$

$$V_{Total} = 161v$$

Capacidad de potencia

$$P = V_{Total} \times Cap$$

$$P = 161V \times 6,5 A/h$$

$$P = 1.046,5 w/h \rightarrow 1,05 kw/h$$

Después del mantenimiento

Voltaje de la batería

Usando los datos de la **tabla 28** y **tabla 29** se obtuvo el voltaje final de la batería que se obtuvo tras el proceso de mantenimiento.

$$V_{Total} = V_{Pack1} + V_{Pack2} + V_{Pack3} + \dots + V_{Pack n}$$

$$V_{Total} = 14,32 + 15,1 + 14,12 + 14,5 + 13,55 + 13,8 + 14,2$$

$$+ 14,2 + 14,9 + 14,5 + 14,7 + 14,66 + 13,49 + 13,62$$

$$V_{Total} = 199,66v$$

Capacidad de potencia

$$P = V_{Total} \times Cap$$

$$P = 199,66V \times 6,5 A/h$$

$$P = 1.297,79 w/h \rightarrow 1,297 kw/h$$

Estado de carga SOC

El estado carga se calculó con datos proporcionados por el módulo de carga y descarga. El módulo trabajó con 1.5 A por un tiempo de 3.0 h, determinando así el valor porcentual del SOC, como se muestra a continuación:

$$SOC = SOC_0 - \frac{I_{carga} \times t}{C_n}$$

$$SOC = 100\% - \frac{1.5A \times 3h}{6,5 A/h}$$

$$SOC = 99,30\%$$

Estado de salud SOH

Se utilizó el valor de la variación del SOH:

$$\Delta SOC = SOC_0 - SOC$$

$$\Delta SOC = 100 - 98,30$$

$$\Delta SOC = 1,7\%$$

Cálculo de la capacidad real con datos del módulo. Se trabajó a 1 A con un tiempo de descarga de 5 h y se obtuvo lo siguiente:

$$C_{Real} = \frac{100 \times I_{Des} \times T_{Des}}{60 * \Delta SOC}$$

$$C_{Real} = \frac{100 \times 1 \times 5}{60 \times 1,24}$$

$$C_{Real} = 4,9 A/h$$

Cálculo del porcentaje de estado de salud.

$$SOH = \frac{C_{Real} \times 100}{C_{Nominal}}$$

$$SOH = \frac{4,9 \times 100}{6,5}$$

$$SOH = 75,38\%$$

Análisis de resultados

Se puede evidenciar en la **Tabla 30**, los valores iniciales de la batería estaban bajos sin embargo con el proceso de mantenimiento se pudo aumentar el voltaje de esta. Antes del mantenimiento, este valor era de 244,44 V, un gran indicador de que la batería no estaba en

óptimas condiciones de uso, después del proceso de carga y descarga, se elevó el voltaje a 300,8 V, lo que mejoró significativamente el rendimiento de la batería durante su uso. La capacidad de la batería también fue un factor que aumento ya que el estado de la batería estaba en óptimas condiciones pasando de 1,588 kWh a 1,95 kWh, lo que incrementa su autonomía.

Tabla 30

Comparación de parámetros eléctricos Toyota Highlander

Parámetros	Antes	Después
Voltaje Total (V)	244,44	300,8
Capacidad de potencia (kW/h)	1,588	1,95

Los valores de la **Tabla 31** estado de carga SOC y del estado de vida de la batería SOH nos proporcionan una visión general del estado actual de la batería.

Tabla 31

SOC y SOH de la batería de Toyota Highlander

Parámetros	Porcentaje
SOC	98,76 %
SOH	82,77 %

En la que se puede observar que los porcentajes que entregan los cálculos son mayores al 80%, las baterías se encuentran en condiciones óptimas para su uso después del proceso enunciado.

Diagnóstico y mantenimiento Prototipo Formula eléctrico

Análisis y procedimiento previo al proceso de mantenimiento de la batería.

- Parámetros iniciales de la batería:

Tabla 32

Características de la batería Prototipo Formula SAE eléctrico

Marca	Modelo	Voltaje nominal	Número de baterías	Voltaje por pack	Composición	Capacidad
Propio	Prototipo Formula SAE	72 V	24 V	3 V	Li-Ion	1,25 A/h

Figura 72

Estado inicial de la batería del prototipo formula SAE



- Se estableció el voltaje máximo y mínimo para cada pack.

$$V_{Max} = 3 \times 1,2 = 3,6 V$$

$$V_{Min} = 3 \times 0,8 = 2,4 V$$

- El módulo de esta batería está compuesto por 24 packs de baterías

Medición inicial del voltaje

Figura 73

Voltaje inicial de un pack



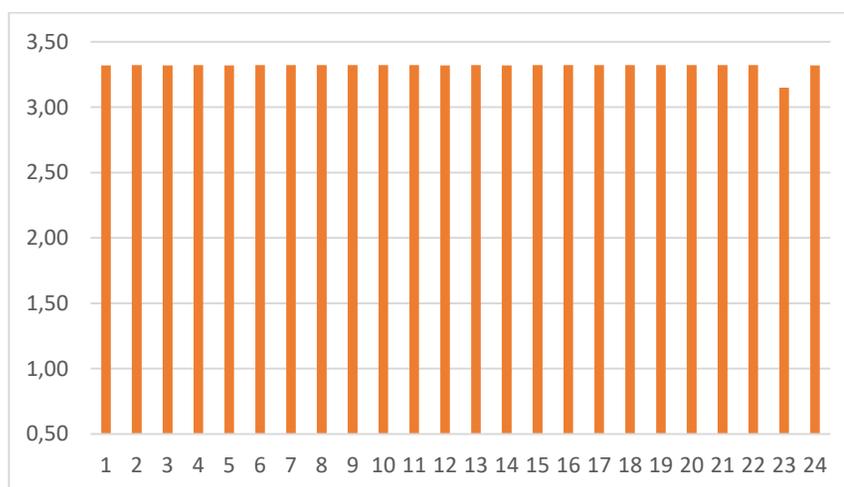
Tabla 33*Voltaje inicial de la Batería prototipo formula SAE 1-12*

Pack Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Voltaje	3,319	3,322	3,320	3,322	3,320	3,322	3,321	3,322	3,321	3,322	3,321	3,320

Tabla 34*Voltaje inicial de la Batería prototipo formula SAE 13-24*

Pack Nº	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Voltaje	3,322	3,320	3,322	3,321	3,322	3,321	3,322	3,321	3,322	3,321	3,150	3,320

En la **Tabla 33** y **Tabla 34** se puede visualizar los voltajes indicados por cada pack por lo cual indican un estado óptimo de la batería, los valores calculados están en el rango estimado y calculado, por lo tanto, el módulo de 24 packs no se va a requerir un mantenimiento para su funcionamiento.

Figura 74*Voltajes de los 24 packs de baterías del prototipo formula*

Diagnóstico y mantenimiento de Prototipo tubular

Análisis y procedimiento previo al proceso de mantenimiento de la batería.

- Parámetros iniciales de la batería:

Tabla 35*Características de la batería Prototipo tubular*

Marca	Modelo	Voltaje nominal	Número de baterías	Voltaje por pack	Composición	Capacidad
Propio	Prototipo Tubular	72 V	24 V	3 V	Li-Ion	1,25 A/h

Figura 75*Estado inicial de la batería del prototipo tubular*

- Voltaje máximo y mínimo para cada pack.

$$V_{Max} = 3 \times 1,2 = 3,6 V$$

$$V_{Min} = 3 \times 0,8 = 2,4 V$$

- El módulo de esta batería está compuesto por 24 packs de baterías

Medición inicial del voltaje

Se procedió a verificar el voltaje inicial de cada pack. Esta medición proporcionó una evaluación inicial del estado de cada batería.

Tabla 36*Voltaje inicial de la Batería prototipo formula 1-12*

Pack Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Voltaje	3,202	3,202	3,201	3,201	3,202	3,202	3,201	3,201	3,202	3,202	3,201	3,201

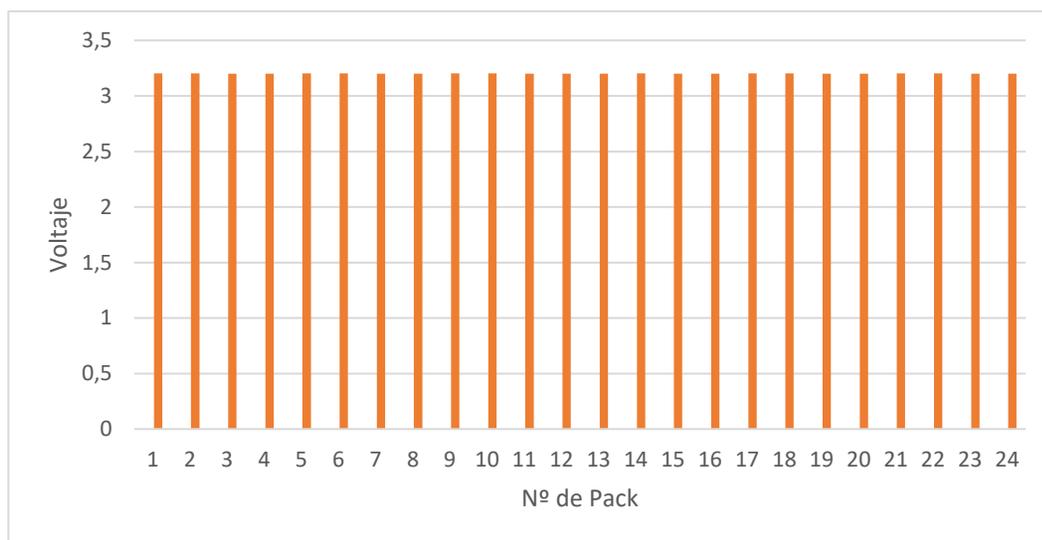
Tabla 37*Voltaje inicial de la Batería prototipo formula 13-24*

Pack Nº	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Voltaje	3,201	3,202	3,201	3,201	3,202	3,202	3,201	3,201	3,202	3,202	3,201	3,201

En la **Tabla 36** y **Tabla 37** se puede visualizar los voltajes indicados por cada pack por lo cual indican un estado óptimo de la batería, los valores calculados están en el rango estimado y calculado, por lo tanto, el módulo de 24 packs no se va a requerir un mantenimiento para su funcionamiento.

Figura 76

Voltajes de los 24 packs de baterías del prototipo formula



Análisis con escáner

El escáner es instrumento importante a la hora de hacer un diagnóstico automotriz, esta herramienta permite la visualización de datos en tiempo real, explorando los datos independientemente de cada sistema. La finalidad de usar esta herramienta es la de verificar si existen fallos eléctricos debido a errores mecánicos.

Informe de flujo de datos

Con el informe de flujo de datos se pueden observar los PIDs de los diferentes sensores y actuadores con los que cuenta el vehículo. Los PIDs nos indican si los sensores y actuadores están trabajando con un voltaje, temperatura y resistencias adecuados.

HC Control Híbrido

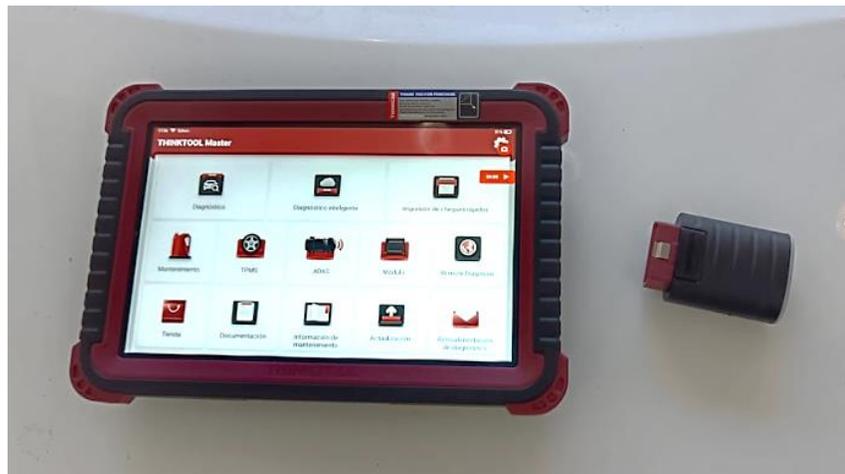
El HC es una parte de la ECU que se encarga de gestionar la tracción híbrida, monitorear la temperatura de la batería y de regular la carga y descarga de la batería.

Escáner THINKART

Este escáner tiene la capacidad de leer diferentes protocolos como por ejemplo los usados por GMLAN, Chrysler SCI, Honda Diag-H, GM ALDL, CCD BUS, Ford UBP, Nissan DDL UART con reloj, protocolos BMW DS2, BMW DS1Ford SCP, GM Class2.

Figura 77

Escáner TINKART



El escáner brinda funciones completas de escaneo del vehículo, permite la lectura y borrado de códigos de falla, flujo de datos en vivo, pruebas de actuación, funciones especiales, 35 funciones de restablecimiento de mantenimiento y más.

Modo de empleo del escáner automotriz

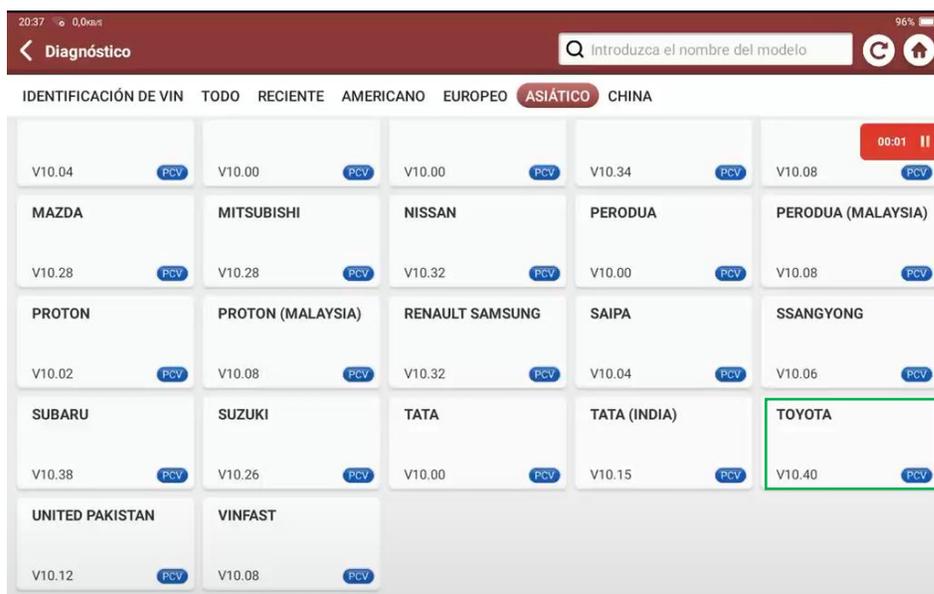
Para comenzar con el uso del escáner THINKART se necesita encontrar el puerto OBD2 del vehículo a analizar.

Figura 78
Puerto OBD



Una vez ubicado los implementos necesarios se realizó el diagnóstico, en este caso se utilizó un Toyota Prius PHV, Toyota Prius C y un Toyota Corolla Cross HV.

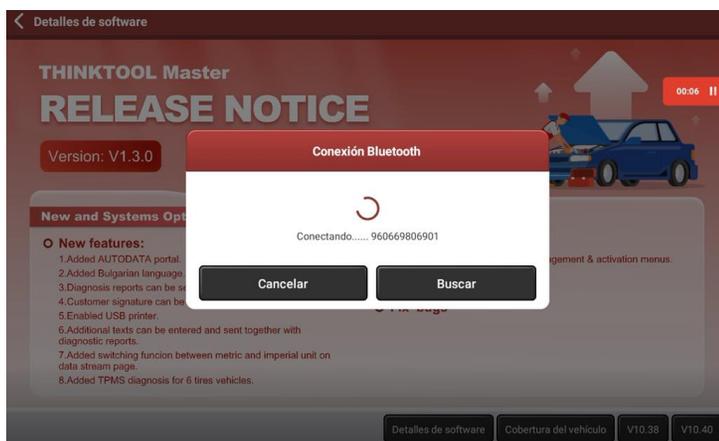
Figura 79
Selección de marca



El escáner realizó una sincronización por bluetooth al módulo táctil de la TINKART.

Figura 80

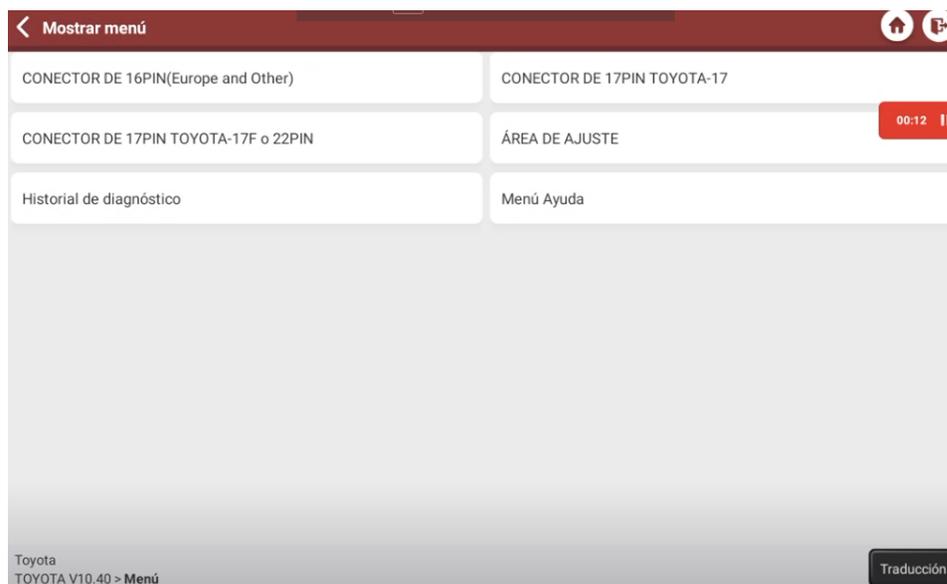
Sincronización con el módulo táctil



Para el modelo de entrada de datos se puede observar que es un conector de 16 PINES en la entrada OBD 2

Figura 81

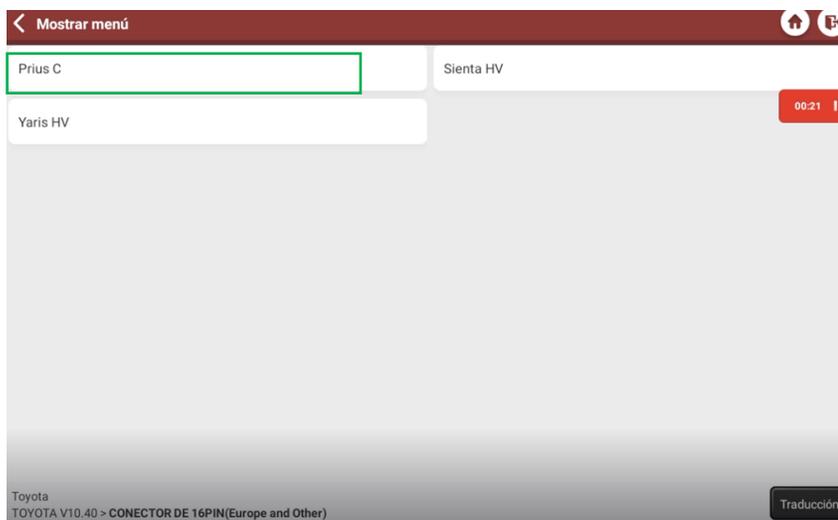
Selección del PIN de entrada de datos



Se selecciono el modelo del vehiculo, en este caso se pulso en Prius C.

Figura 82

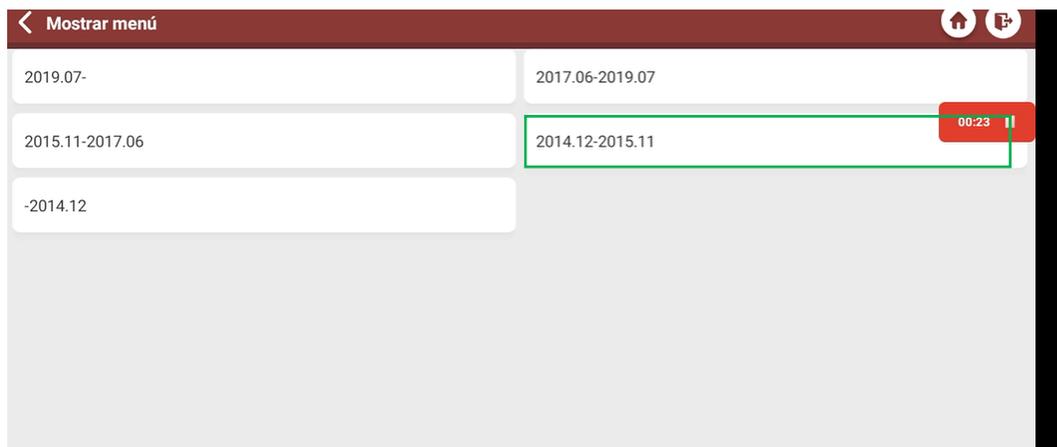
Selección del modelo del vehículo



En este punto se va a elegir la opción del año en el que estuvo fabricado este modelo de Toyota híbrido.

Figura 83

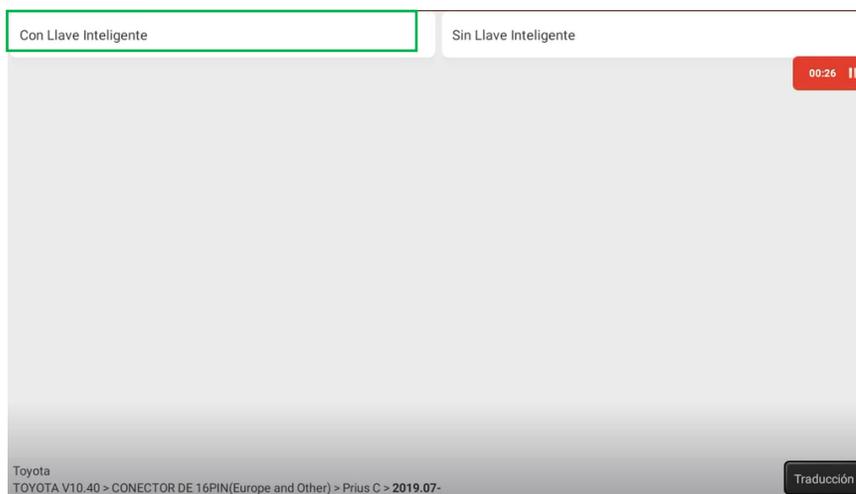
Selección del año de fabricación.



Para poder utilizar una interfaz más completa y automatizada se debe presionar con llave inteligente.

Figura 84

Selección del modo de trabajo automatizado



A continuación, se despliega una gama de información respecto al modelo que se tiene conectado a nuestro escáner, por lo tanto, se pudo verificar datos principales del vehículo que la propia ECU nos proporciona.

Figura 85

Información entregada por la ECU

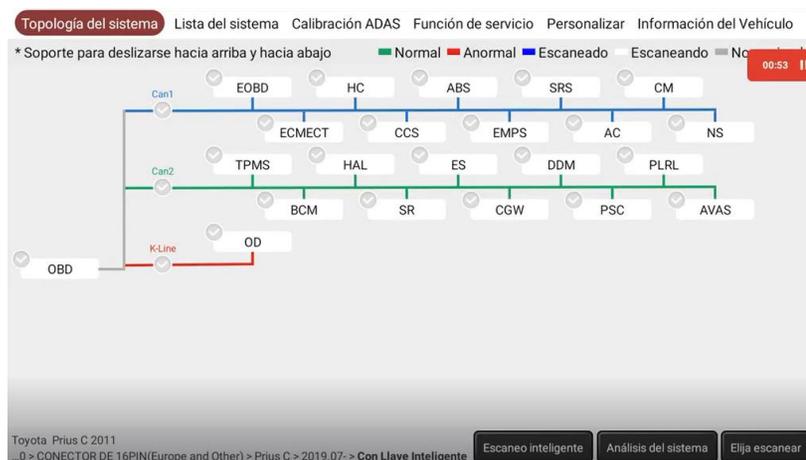
The screenshot shows a software interface titled 'Información del Vehículo'. It displays a table with the following data:

Nombre de artículo	Información
Área	Europa y Otro
Nombre de vehículo	Prius C
Modelo	NHP10#
Tipo de motor	1NZFXE(HV) (HV)
Año	2011
Kilometraje de viaje	82418 km
Inteligente Llave	Con Llave Inteligente

At the bottom left, the text reads 'Toyota TOYOTA V10.40 > CONECTOR DE 16PIN(Europe and Other) > Prius C > 2019.07- > Con Llave Inteligente'. At the bottom right, there are buttons for 'Traducción' and 'ESTÁ BIEN'. A red timer in the top right corner displays '00:34'.

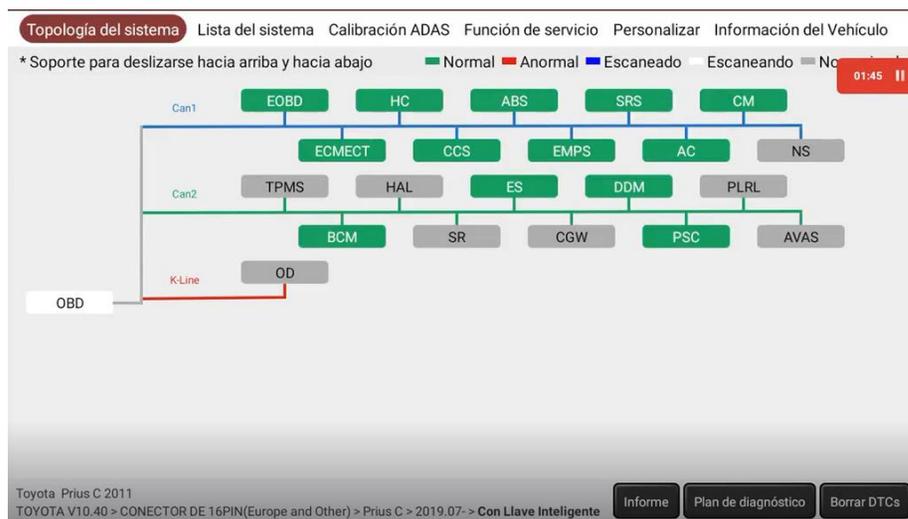
Una vez confirmada la información, se procede a verificar el esquema general de los sistemas y las líneas CAN que proporciona el mismo escáner para poder verificar si alguno de estos tiene falla.

Figura 86
Esquema de sistemas del vehículo



Para facilidad del escáner tiene la opción de Escaneo inteligente el cual nos permite observar si algún sistema esta defectuoso o dañado

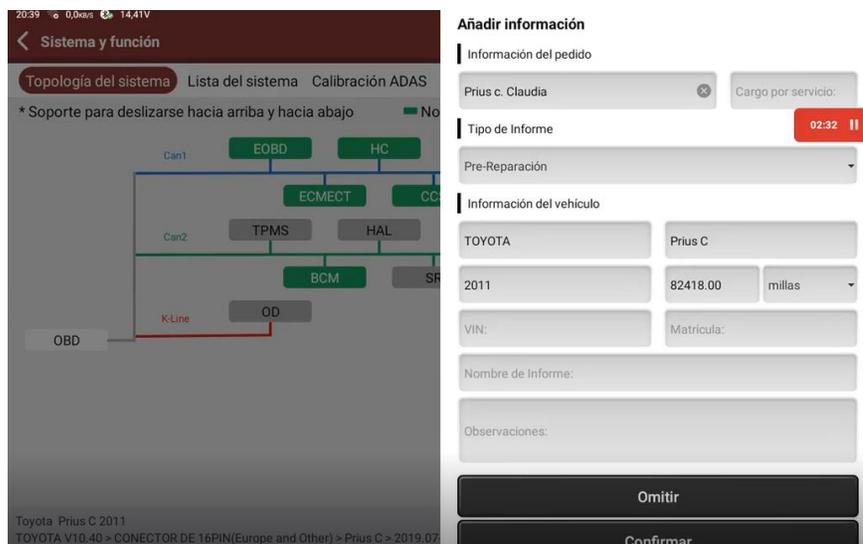
Figura 87
Escaneo inteligente



Como se puede observar el sistema a simple vista los sistemas grandes no poseen ningún código rojo o amarillo

El sistema nos permite agregar una información a la base de datos del vehículo, sin embargo, no es necesario utilizarla.

Figura 88
Completar información



Una vez confirmada esta información, se mostró una tabla con un informe de diagnóstico de todo el sistema.

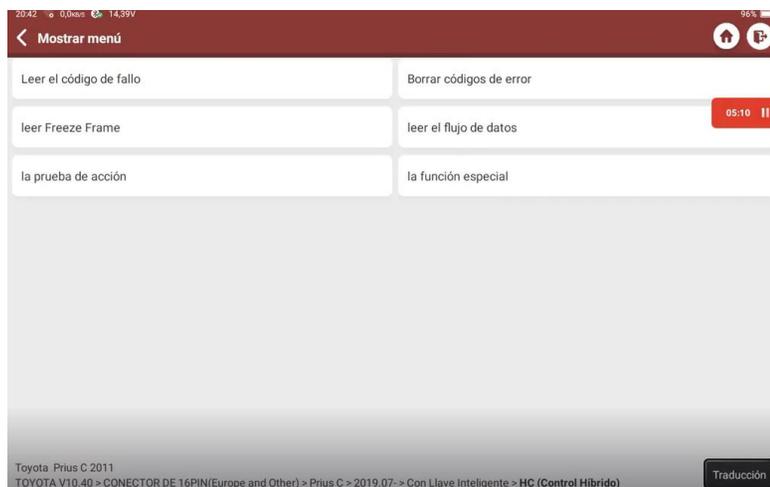
Figura 89
Informe de diagnóstico del vehículo

The screenshot shows a diagnostic software interface displaying a table of diagnostic information for the entire system. The table has two columns: 'Sistema' (System) and 'Estado' (Status). The status is 'Pre-reparación' (Pre-repair) and 'Estado(0)' (Status(0)) with a timer '02:51'. The table lists various systems and their status, with green checkmarks indicating they are in good condition. A red 'AdiS' label is visible next to the CCS (Control de Crucero) system.

Sistema	Estado
EOBD/OBD II	✓
ECMECT (Motor y ECT)	✓
HC (Control Híbrido)	✓
CCS (Control de Crucero)	AdiS ✓
ABS (Sistema de Frenos Antibloqueo) / VSC (Control de Estabilidad del Vehículo) / TRC (Sistema de Control de Tracción)	✓
EMPS (Dirección Asistida Electrónica del Motor)	✓
SRS (Sistema de Restricción Inflable Suplementaria)	✓
AC (Aire Acondicionado)	✓
CM (Medidor de Combinación)	✓
BCM (Módulo de Control de la Carrocería)	✓
ES (Entrada y Arranque)	✓
DDM (Motor de la Puerta del Conductor)	✓
PSC (Control de Fuente de Alimentación)	✓

Se accedió al flujo de datos, cual se ubica al lado derecho y cuyos datos nos proporcionaron una pestaña en la cual se marca el control híbrido sin DTC, después se entró a un menú más completo como se observa en la siguiente **Figura 90**.

Figura 90
Menú del OBD 2



Una vez seleccionado flujo de datos se puede conocer los PID que estos poseen y si están con alguna anomalía, sin embargo, en el escaneo inteligente no salió ninguna falla y se realizó el análisis del flujo de datos.

Figura 91
Selección de flujo de datos

Flujo de datos		Métrico	Imperial	Home	Refresh
Nombre	Valor	Opción			
1 +B	14.36 V	05:25			
2 Acelerador de Paso En el Rango N-Operación Antes de Último	1				
3 Acelerador de Paso En el Rango N-Última Operación	1				
4 Acelerador de Paso En el Rango N-Último Viaje	163				
5 Acelerador de Paso En el Rango N-Viaje Antes del Último	255				
6 Arranque de Permiso Por el Inmovilizador	Normal				
7 Batería Auxiliar Baja-Operación Antes de la Última	0				
8 Batería Auxiliar Baja-Última Operación	0				
9 Batería Auxiliar Baja-Último Viaje	0				

Diagnostico con escáner al Toyota Prius PHV

Siguiendo los procesos antes mencionados se verificó el estado del sistema HC (Control híbrido), haciendo hincapié en los valores característicos de la batería de alta tensión.

Datos generales del vehículo**Tabla 38***Datos generales del vehículo*

Nombre de la empresa: ESPE	Teléfono de contacto: N/A
Correo electrónico: N/A	País o región: N/A
Estado: N/A	Ciudad: N/A
Dirección1: N/A	Dirección2: N/A
SN: 960669806901	
Marca: TOYOTA	Modelo: Prius PHV
Año: 2010	Desplazamiento: N/A
VIN: JTDKN36U3A5107375	Kilometraje: 18910.00 millas
Número de licencia: N/A	Versión del software del vehículo: V10.40

Flujo de datos del Sistema HC**Tabla 39***Flujo de datos HC*

Parámetros del HC (Control Híbrido)	Valores
+B	14.53V
Estado de Carga (Toda Batería)	61.569%
Estado de Carga Máxima	64%
Estado de Carga Mínima	61.500%

Parámetros del HC (Control Híbrido)	Valores
Recurso de Energía VB	205V
Resistencia Interna R01	0.02ohm
Resistencia Interna R02	0.02ohm
Resistencia Interna R03	0.02ohm
Resistencia Interna R04	0.02ohm
Resistencia Interna R05	0.02ohm
Resistencia Interna R06	0.02ohm
Resistencia Interna R07	0.02ohm
Resistencia Interna R08	0.02ohm
Resistencia Interna R09	0.02ohm
Resistencia Interna R10	0.02ohm
Resistencia Interna R11	0.02ohm
Resistencia Interna R12	0.02ohm
Resistencia Interna R13	0.02ohm
Resistencia Interna R14	0.02ohm
SOC Después del Encendido Conectado	64%
Temperatura de batería TB1	20.090degree C
Temperatura de batería TB2	19.969degree C
Temperatura de batería TB3	20.207degree C

Parámetros del HC (Control Híbrido)	Valores
Temperatura de la Batería Auxiliar	20degree C
Valor de Control de Carga	-20.5kW
Valor de Control de Descarga	19kW
Valor de Corriente de Paquete de Batería	1.01A
VH-Voltaje Después del Impulso	227.5V
VL-Voltaje Antes del Impulso	228.5V
Voltaje de Batería Auxiliar	14.46V
Voltaje de Bloque de Batería - V01	16.27V
Voltaje de Bloque de Batería - V02	16.29V
Voltaje de Bloque de Batería - V03	16.27V
Voltaje de Bloque de Batería - V04	16.24V
Voltaje de Bloque de Batería - V05	16.24V
Voltaje de Bloque de Batería - V06	16.22V
Voltaje de Bloque de Batería - V07	16.27V
Voltaje de Bloque de Batería - V08	16.22V
Voltaje de Bloque de Batería - V09	16.24V
Voltaje de Bloque de Batería - V10	16.22V
Voltaje de Bloque de Batería - V11	16.24V
Voltaje de Bloque de Batería - V12	16.19V

Parámetros del HC (Control Híbrido)	Valores
Voltaje de Bloque de Batería - V13	16.22V
Voltaje de Bloque de Batería - V14	16.19V
Voltaje Máximo de Bloque de Batería	16.24V
Voltaje Mínimo de Bloque de Batería	16.19V

Análisis del flujo de datos

Estado de carga

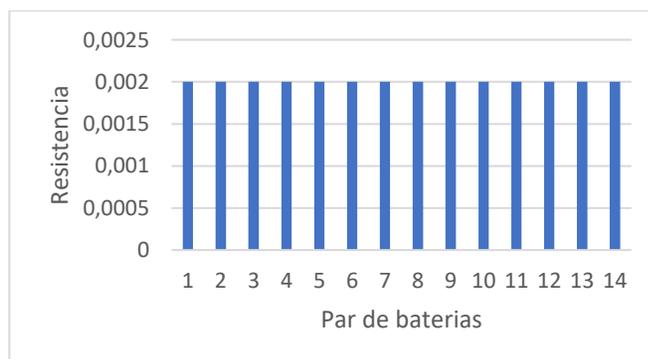
Según la **tabla 39** el estado de carga o SOC de la batería es de 61,569% lo que indica que la batería esta demasiada descargada. Un valor optimo del SOC es del 75%. Cabe destacar que tener un SOC genera que la autonomía se vea reducida, además de presentar una disminución de potencia y aceleración y en el peor de los casos podrá generar una posible inmovilización del vehculo ya que la BMS se encarga de proteger la batería.

Resistencia interna

Como se conoce la resistencia interna es una característica inherente de las baterías, se produce debido a los materiales y estructura interna de la batería. Según la **figura 92** el valor de las resistencias es bajo lo que indica que las baterías están en buen estado.

Figura 92

Resistencia interna



Temperatura de la batería

La temperatura es un parámetro fundamental, ya que las baterías funcionan de mejor manera a bajas temperaturas. Por eso es importante que el sistema de ventilación de la batería este en óptimas condiciones.

Tabla 40

Temperaturas de la batería

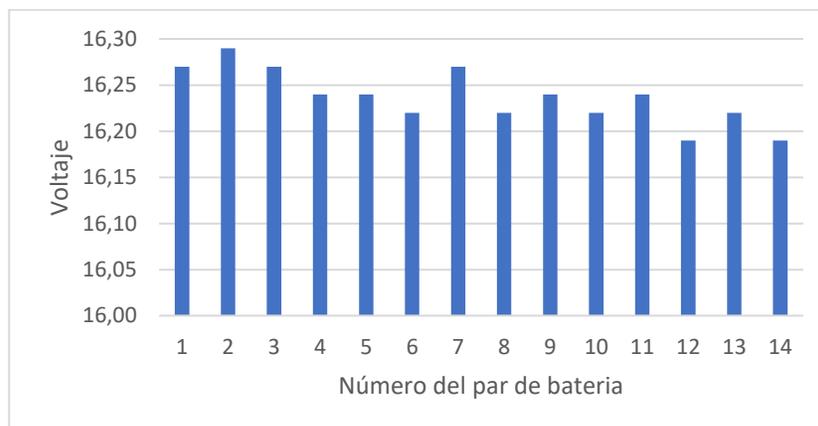
Batería	Valor de la temperatura °C
TB1	20,090
TB2	19,969
TB3	20,207
Batería Auxiliar	20

Voltaje de la batería

Se puede observar que el monitoreo se hace en pares de batería. Según la tabla

Figura 93

Voltajes de la batería



Según la **figura 93** se observa que el valor máximo de voltaje es de 16,29v y el valor mínimo de 16,19v, sin embargo, la diferencia que existe entre cada pack es muy baja lo que indica que la batería si está funcionando correctamente.

Diagnostico con escáner al Toyota Prius C

Siguiendo el procedimiento se conexión del escáner, se verifico el estado del sistema HC (Control hibrido) del Toyota Prius C, haciendo hincapié en los valores característicos de la batería de alta tensión.

Datos generales del vehiculo

Tabla 41

Datos generales del Toyota Prius C

Nombre de la empresa: ESPE	Teléfono de contacto: N/A
Correo electrónico: N/A	País o región: N/A
Estado: N/A	Ciudad: N/A
Dirección1: N/A	Dirección2: N/A
SN: 960669806901	
Marca: TOYOTA	Modelo: Prius C
Año: 2011	Desplazamiento: N/A
VIN: N/A	Kilometraje: 82418.00 millas
Número de licencia: N/A	Versión del software del vehículo: V10.40

Flujo de datos del Sistema HC

Tabla 42

Flujo de datos HC Prius C

Parámetros del HC (Control Híbrido)	Valores
Nombre	Valor
+B	14.38V
Estado de Carga (Toda Batería)	56.863%
ESTADO DE CARGA DE BATERÍA Delta	0%

Parámetros del HC (Control Híbrido)	Valores
Estado de Carga Máxima	59%
Estado de Carga Mínima	51.500%
Resistencia Interna R01	0.02ohm
Resistencia Interna R02	0.02ohm
Resistencia Interna R03	0.02ohm
Resistencia Interna R04	0.02ohm
Resistencia Interna R05	0.02ohm
Resistencia Interna R06	0.02ohm
Resistencia Interna R07	0.02ohm
Resistencia Interna R08	0.02ohm
Resistencia Interna R09	0.02ohm
Resistencia Interna R10	0.02ohm
SOC Después del Encendido Conectado	53%
Temperatura de batería TB1	24.109 degree C
Temperatura de batería TB2	24.430 degree C
Temperatura de batería TB3	23.699 degree C
Temperatura de la Batería Auxiliar	20 degree C
Valor de Control de Carga	-16.5 kW
Valor de Control de Descarga	14.5 kW

Parámetros del HC (Control Híbrido)	Valores
Valor de Corriente de Paquete de Batería	-22.78 A
VH-Voltaje Después del Impulso	299.5 V
VL-Voltaje Antes del Impulso	167 V
Voltaje de Batería Auxiliar	14.29 V
Voltaje de Bloque de Batería - V01	16.24 V
Voltaje de Bloque de Batería - V02	16.19 V
Voltaje de Bloque de Batería - V03	16.15 V
Voltaje de Bloque de Batería - V04	16.17 V
Voltaje de Bloque de Batería - V05	16.19 V
Voltaje de Bloque de Batería - V06	16.22 V
Voltaje de Bloque de Batería - V07	16.15 V
Voltaje de Bloque de Batería - V08	16.19 V
Voltaje de Bloque de Batería - V09	16.22 V
Voltaje de Bloque de Batería - V10	16.19 V
Voltaje Máximo de Bloque de Batería	16.22 V
Voltaje Mínimo de Bloque de Batería	16.15 00V

Análisis del flujo de datos

Estado de carga

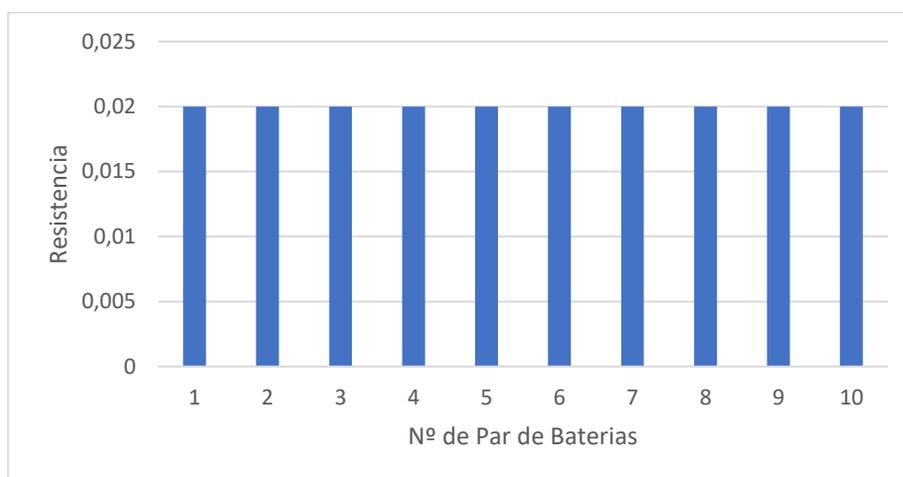
Según la **tabla 42** el estado de carga o SOC de la batería es de 56,863% lo que indica que la batería esta demasiado descargada por ende la autonomía se vea reducida, además de presentar una disminución de potencia.

Resistencia interna

Según la **figura 94** el valor de las resistencias es bajo lo que indica que las baterías están en buen estado.

Figura 94

Resistencia interna Toyota Prius C



Temperatura de la batería

Los valores de temperatura de la **tabla 43** nos permite conocer que la batería está en temperatura optima ya que se aproxima a la batería ambiental, por ende, el sistema de ventilación hacia las baterías es buena.

Tabla 43

Temperaturas de la batería

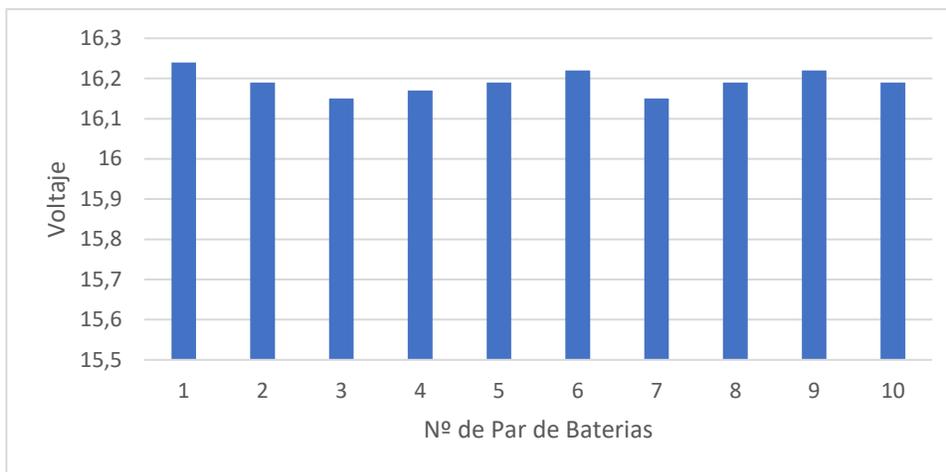
Batería	Valor de la temperatura °C
TB1	24.109
TB2	24.430
TB3	23.699
Batería Auxiliar	20

Voltaje de la batería

En la **tabla 42** se observan los datos del voltaje por cada par de baterías.

Figura 95

Voltajes de la batería



Según la **figura 95** se observa que el valor máximo de voltaje es de 16,24v y el valor mínimo de 16,1v, sin embargo, la diferencia que existe entre cada pack es muy baja lo que indica que la batería presenta un buen funcionamiento.

Diagnostico con escáner al Toyota Corolla Cross

Continuando con el procedimiento anteriormente descrito, se verifico el estado del sistema HC (Control hibrido), haciendo hincapié en los valores característicos de la batería de alta tensión.

Datos generales del vehículo

Tabla 44

Datos generales del vehículo Corolla

Nombre de la empresa: ESPE	Teléfono de contacto: N/A
Correo electrónico: N/A	País o región: N/A
Dirección1: N/A	Dirección2: N/A

SN: 960669806901	
Marca: TOYOTA	Modelo: Corolla Cross HV
Año: 2025	Desplazamiento: N/A
VIN: 9BKZAAG5R0663540	Kilometraje: 4847.00 millas
Número de licencia: N/A	Versión del software del vehículo: V10.40

Flujo de datos del Sistema HC

Tabla 45

Flujo de datos HC

Parámetros del HC (Control Híbrido)	Valores
Estado de Carga de la batería	47.451%
Estado de Carga Máxima de la batería	48%
Estado de Carga Mínima de la batería	63.500
Resistencia Interna R01	0.02ohm
Resistencia Interna R02	0.02ohm
Resistencia Interna R03	0.02ohm
Resistencia Interna R04	0.02ohm
Resistencia Interna R05	0.02ohm
Resistencia Interna R06	0.02ohm
Resistencia Interna R07	0.02ohm

Parámetros del HC (Control Híbrido)	Valores
Resistencia Interna R08	0.02ohm
Resistencia Interna R09	0.02ohm
Temperatura de batería del vehículo híbrido/eléctrico 1	25.258degree C
Temperatura de batería del vehículo híbrido/eléctrico 2	26.840degree C
Temperatura de batería del vehículo híbrido/eléctrico 3	25.047degree C
Tensión de la Batería Auxiliar	13.64 V
Valor Alisado de Temperatura de la Batería Auxiliar	23.900degree C
Valor Alisado de Voltaje de Batería	13.56 V
VH-Voltaje Después del Impulso	216V
VL-Voltaje Antes del Impulso	216.5V
Voltaje de Batería	13.59V
Voltaje IC 1 de monitoreo de batería del vehículo Híbrido 1	15.51V
Voltaje IC 1 de monitoreo de batería del vehículo Híbrido 2	15.53V
Voltaje IC 2 de monitoreo de batería del vehículo Híbrido 1	15.51V
Voltaje IC 2 de monitoreo de batería del vehículo Híbrido 2	15.49V
Voltaje IC 3 de monitoreo de batería del vehículo Híbrido 1	31.03V
Voltaje IC 3 de monitoreo de batería del vehículo Híbrido 2	30.98V
Voltaje de la batería Auxiliar en la Iniciación de comprobación	11.91V
Voltaje de la batería del vehículo Híbrido/Electrico	217V

Parámetros del HC (Control Híbrido)	Valores
Voltaje de Bloque de Batería del vehículo híbrida/eléctrico 1	15.44V
Voltaje de Bloque de Batería del vehículo híbrida/eléctrico 2	15.41V
Voltaje de Bloque de Batería del vehículo híbrida/eléctrico 3	30.84V
Voltaje de Bloque de Batería del vehículo híbrida/ eléctrico 4	30.79V
Voltaje de Bloque de Batería del vehículo híbrida/eléctrico 5	30.74V
Voltaje de Bloque de Batería del vehículo híbrida/eléctrico 6	30.79V
Voltaje de Bloque de Batería del vehículo híbrida/eléctrico 7	30.79V
Voltaje de Bloque de Batería del vehículo híbrida/eléctrico 8	15.44V
Voltaje de Bloque de Batería del vehículo híbrida/eléctrico 9	15.44V
Voltaje Máximo de Bloque de Batería	15.44V
Voltaje Mínimo de Bloque de Batería	15.37V

Análisis del flujo de datos

Estado de carga

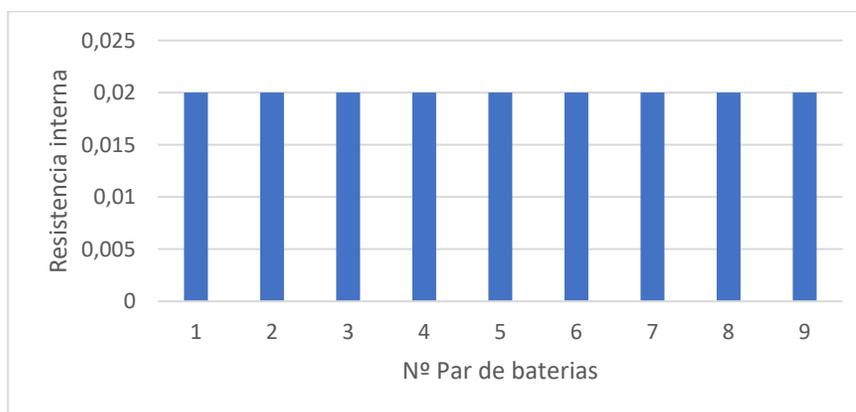
Según los datos proporcionados por el escáner los valores del estado de carga de la batería del Modelo Corolla Cross están en un porcentaje bajo, ya que poseen 47.451% donde una tolerancia admisible de este modelo es del 75%. Si se tiene un SOC bastante bajo por lo general se verán afectados los sistemas de propulsión eléctrica como motores generados o incluso la BMS ya que con valores muy bajos puede producir un corte de corriente e inmovilizar el vehículo.

Resistencia interna

Un parámetro importante para determinar si una batería está en buen estado es el nivel de la resistencia interna de la batería, de manera general, la resistencia de una batería debe ser baja, en la **Figura 96** observa los valores de resistencias de la batería y se puede concluir que el estado de este parámetro.

Figura 96

Resistencia interna



Temperatura de la batería

Es importante manejarnos con una temperatura óptima en la zona de los packs de baterías ya que estos, se desempeñan de mejor manera si el nivel de temperatura es bajo por lo tanto el sistema de ventilación debe tener un óptimo funcionamiento para disipar el calor acumulado.

Tabla 46

Temperaturas de la batería

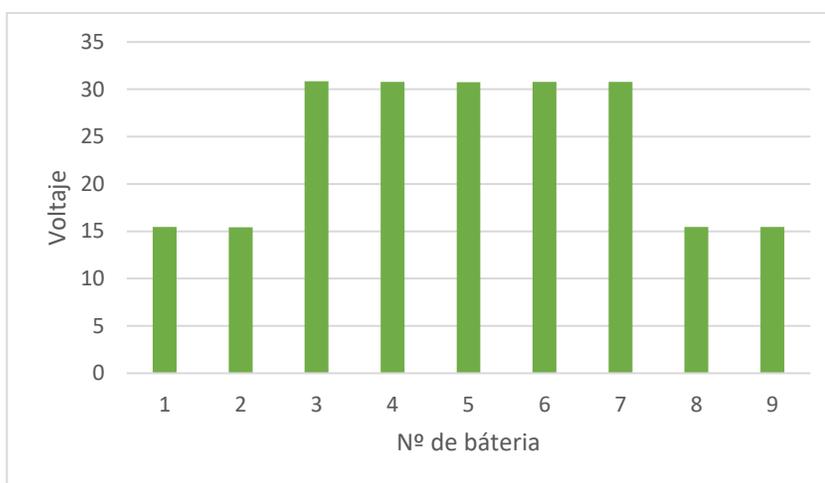
Batería	Valor de la temperatura °C
Temperatura de batería del vehículo híbrido/eléctrico 1	25,258
Temperatura de batería del vehículo híbrido/eléctrico 1	26,840

Batería	Valor de la temperatura °C
Temperatura de batería del vehículo híbrido/eléctrico 1	25,047

Voltaje de la batería

Figura 97

Voltajes de la batería



Según la **figura 97** se puede visualizar que los packs de baterías 1,2,8 y 9 se encuentran con un voltaje 15-16V mientras que 3,4,5,6 y 7 tienen un voltaje que dobla el valor de las otras , este valor es diferente a los otros packs de baterías ya que el escáner esta analizado 4 packs mientras que las otras se analizan en pareja, por lo tanto esta batería está en perfectas condiciones , ya que todos sus packs se encuentran en perfecto estado y con un voltaje equilibrado.

Capítulo IV

Marco Administrativo

Recursos

Para llevar a cabo el proyecto de investigación, se revisaron y definieron parámetros clave, como los recursos humanos, tecnológicos, materiales y de apoyo, así como se realizó un análisis detallado de los costos.

Recursos humanos

El personal es fundamental para el desarrollo del proyecto de investigación. Se reconoce el papel crucial de aquellos individuos que contribuyeron con ideas y comunicación para llevar a cabo la actividad.

Tabla 47

Recursos Humanos

Descripción	Función
Cajas Juan	Investigador
Gualoto Jonathan	Investigador
Ing. Germán Erazo	Colaborador científico

Recursos tecnológicos

Continuando, se muestran los recursos tecnológicos usados en el presente proyecto de investigación.

Tabla 48

Recursos Tecnológicos

Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Escáner THINKCAR (rentado)	1	\$100	\$100
Multímetro Automotriz Pros kit (rentado)	1	\$40	\$40

Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Computadoras	2	\$250	\$500
TOTAL			\$640

Recursos materiales

Tabla 49

Recursos Materiales

Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Baterías de TOYOTA PRIUS y HIGHLANDER	2	\$0	\$0
Vehículo TOYOTA Prius HVP (rentado)	1	\$20	\$20
Vehículo TOYOTA Prius C (rentado)	1	\$20	\$20
Vehículo TOYOTA Corolla Cross (rentado)	1	\$20	\$20
TOTAL			\$60

Análisis de costos del proyecto de investigación

El análisis de costos de este proyecto incluye todos los recursos tecnológicos, de apoyo y materiales que fueron fundamentales para su desarrollo.

Tabla 50

Análisis de Costos del Proyecto de Investigación

Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Cables con lagartos, agujas	9	\$1	\$9
Herramientas manuales (rentado)	3	\$4	\$12
Manuales de vehículos (sitios web)	4	\$0	\$0

Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Extensiones de corriente	3	\$4	\$12
Recursos materiales	1	\$60	\$60
Recursos tecnológicos	1	\$420	\$640
TOTAL			\$733

Análisis costo-beneficio

Gestionar un análisis de costo-beneficio es fundamental para el trabajo de integración curricular "Procesos de Operación, Diagnóstico & Mantenimiento de Motores-Generadores utilizados en Propulsión Eléctrica". A medida que las industrias automotrices introducen nuevos modelos de vehículos híbridos o eléctricos en el mercado, es crucial contar con fuentes confiables para abordar y superar las barreras de investigación en este campo de la ingeniería automotriz, que es amplio en investigación y aprendizaje.

Conclusiones

- Se investigó los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de las baterías de alta tensión usados en vehículos híbridos y eléctricos, haciendo uso de fuentes confiables como manuales de taller, artículos científicos y tesis relacionadas a nuestro tema.
- Se Investigó información referente al estado de arte y parámetros de funcionamiento de las baterías de alta tensión utilizados en vehículos híbridos y eléctricos.
- Se definieron los parámetros de operación y comportamiento de baterías de alta tensión, mediante el análisis de las curvas de voltaje, corriente y resistencia obtenidas en el módulo de carga y descarga.
- Se siguieron los protocolos de diagnóstico, reparación y mantenimiento de baterías de alta tensión.
- Se analizaron los parámetros de la batería antes y después del mantenimiento.
- Se determinó que el balanceo de las baterías es un paso muy importante para el mantenimiento de las baterías ya que con este proceso se garantiza que todas las baterías tengan el mismo voltaje.
- Se realizó el proceso de carga y descarga de manera individual en cada pack, con las gráficas obtenidas en este proceso se identificó cual de estas baterías se encontraba en la peor condición.
- Se definieron los de PID's y flujos de datos en tiempo real de baterías de alta tensión con el uso del escáner en diferentes vehículos con el fin de determinar el estado de funcionamiento de la batería.
- Con los datos obtenidos con el escáner se realizó el diagnóstico del estado de la batería.

- Se verificó parámetros como voltajes, resistencia interna, estado de carga (SOC), estado de descarga (DSOC) y estado de salud (SOH) en las baterías de alta tensión utilizadas en el desarrollo de esta tesis.

Recomendaciones

- Al momento de manipular las baterías se debe utilizar equipo de protección ya que los packs presentan químicos que son dañinos para la piel.
- Al momento de realizar el proceso de carga y descarga colocar las baterías en un compresor para evitar que estas se inflen.
- Realizar el mantenimiento en un lugar con buena ventilación ya que las baterías sueltan químicos que a largo plazo pueden generar problemas de salud.
- Antes de empezar a realizar el diagnóstico de la batería se debe contar con información de los parámetros básicos de batería tales como valor del voltaje nominal de cada celda y de la capacidad nominal.
- Observar las gráficas de voltaje, corriente y resistencia de manera individual ya que así se puede determinar de mejor manera cual es el pack que presenta problemas.
- Se debe tener un conocimiento profundo sobre los componentes y sistemas que componen la batería.
- Tener precaución al momento de configurar el módulo de carga y descarga ya que si colocamos parámetros erróneos podemos causar que las baterías sufran daños.
- Se debe verificar el estado físico de la batería ya que algunas pueden tener presencia de sulfatación y corrosión.

Bibliografía

- 330ohms. (2020, junio 22). ¿Qué diferencias hay entre una Li-Po y una Li-Ion? *330ohms*.
<https://blog.330ohms.com/2020/06/22/que-diferencias-hay-entre-una-li-po-y-una-li-ion/>
- Arsuaga, P., & Garcia, A. (2010). *Vehículos Eléctricos y Redes para su Recarga*.
- Augeri, F. (2011). Introducción al funcionamiento y diagnóstico de Vehículos Híbridos I. *Cise Electronics Corp*.
- Augeri, F. (2015). *CISE Electronics*. <https://www.cise.com/portal/>
- AutoAvance. (2023, abril 27). *Curso Automotriz—Curso Virtual Automotriz—Capacitación Automotriz*. Curso Automotriz - Curso Virtual Automotriz - Capacitación Automotriz.
<https://www.autoavance.co/>
- Ávila Meza, M. A. (2014). *Artículo Científico—Diseño y construcción de un cargador automatizado de baterías de vehículos híbridos*.
- Baronti, F. (2013). An overview of wireless sensor networks for real-time structural health monitoring in civil engineering. *IEEE Journal of Sensors*, 13(10), 3231-3246.
- Berecibar, M. (2020). Second life of electric vehicle batteries: An overview of the challenges, opportunities and key enablers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127.
- Cabezas, J. (2016). *Diseño e implementación de un sistema electrónico de potencia híbrida para la carga de una batería tipo polímero de litio* [Tesis de ingeniería]. Escuela Politécnica Nacional.
- Cairns, E. (2004). *Batteries, Overview*. 1, 117-126.
- Calderón, A. V. B. (2015). *Estudio y análisis de la operación del inversor del vehículo híbrido Toyota Prius A*. Universidad Internacional del Ecuador.
- Casals, L. C., Amante García, B., & Canal, C. (2019). Second life batteries lifespan: Rest of useful life and environmental analysis. *Journal of Environmental Management*, 232, 354-363.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.046>

- Chen, L., & Shaw, L. L. (2014). Recent advances in lithium–sulfur batteries. *Journal of Power Sources*, 267, 770-783. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.05.111>
- Chen, Y., Kang, Y., Zhao, Y., Wang, L., Liu, J., Li, Y., Liang, Z., He, X., Li, X., Tavajohi, N., & Li, B. (2021). A review of lithium-ion battery safety concerns: The issues, strategies, and testing standards. *Journal of Energy Chemistry*, 59, 83-99. <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2020.10.017>
- Cueva, E., Lucero, J., Guzmán, A., Rocha, J., Espinoza, L., Cueva, E., Lucero, J., Guzmán, A., Rocha, J., & Espinoza, L. (2018). Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices. *Enfoque UTE*, 9(1), 166-176. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n1.202>
- Donado, I. A. (2021). *Batería vehículos híbridos alta tensión Como funcionan*. <https://autosoporte.com/la-bateria-de-alta-tension-en-vehiculos-hibridos/>
- Durango, F., & García, M. (2023). *Estado del arte de la movilidad eléctrica en el sistema eléctrico colombiano*. 44.
- Ellis, B. L., & Nazar, L. F. (2012). Sodium and sodium-ion energy storage batteries. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 16(4), 168-177. <https://doi.org/10.1016/j.cossms.2012.04.002>
- Enel Perú. (2018). *¿Qué es la movilidad eléctrica y cuáles son sus ventajas?* <https://enel.pe/content/enel-pe/es/megamenu/sostenibilidad/que-es-la-movilidad-electrica-y-cuales-son-sus-ventajas.html>
- Erazo, G., Augeri, F., Mena, L., Iza, H., Manjarres, F., Lopez, E., & Quiroz, J. (2013). *Energía Mecánica Innovación y Futuro Vol. 2 ISSN 1390—7395*.
- Espinosa, L. (2013). *Diseño y aplicación de un protocolo de mantenimiento, diagnóstico y reparación del sistema de baterías de vehículos híbridos* [Tesis de ingeniería]. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

- Espinoza, J., & Guamushig, W. (2019). *Investigación de la durabilidad y tiempo de vida útil de las baterías de alta tensión de vehículos híbridos y eléctricos a través de la programación automatizada de procesos de carga y descarga*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Fagoaga, O. (2021). *Evolución histórica de las baterías aplicadas a los vehículos eléctricos de movilidad urbana. Aplicación de un caso práctico*. [Grado en ingeniería en tecnologías industriales]. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Garche, J., Brandt, K., & Rehnlund, D. (2009). *Electrochemical Energy Storage for Renewable Sources and Grid Balancing*. Wiley-VCH.
- Geddes, L. (1994). The First Stimulators. *IEEE Eng. Biol.*, 532-542.
- Gil, M., Zubizarreta, L., Fuster, V., & Quijano, A. (2015). Baterías: Estado actual y futuras tendencias (2ª parte). *Ingeniería e Industria*, 90(1), 9-13.
- Gómez, F. J. (2021). *Situación actual de las baterías de ion-litio para almacenamiento de energía eléctrica*. 49.
- González, C. S., Gallego, R. C., & Muneta, M. L. M. (2021). *Estudio de la economía circular en los vehículos eléctricos e híbridos enchufables: segunda vida y reciclaje de sus baterías*. 92.
- Goodenough, J., & Mizushima, K. (1982). The Li-Ion Rechargeable Battery: A perspective. *Journal of the American Chemical Society*, 65(3), 2270-2279.
- Jayson, J. (2015). *The Daniell Cell, Ohm's Law and the Emergence of the International System of Units*. 82, 1-7. <https://doi.org/10.1119/1.4826445>
- Kurzweil, P. (2010). Gaston Planté and his invention of the lead-acid battery-The genesis of the first practical rechargeable battery. *Journal of Power Sources*, 195, 4424-4434. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2009.12.126>.

- Leurent, F., & Windisch, E. (2015). *Benefits and costs of electric vehicles for the public finances: An integrated valuation model based on input-output analysis, with application to France*. 13.
- Liang, Y., Huang, J.-Q., Chueh, Y., Zhao, C.-Z., Yu, D., Yu, H., Yuan, H., Liu, Y., Zhang, Q., Chen, Y., Titirici, M., & Zhang, W. (2019). A review of rechargeable batteries for portable electronic devices. *InfoMat*, 1(1), 6-32. <https://doi.org/10.1002/inf2.12000>
- Lopez, D. (2017). *Análisis energético de la incidencia de la capacidad de la batería de elevado voltaje en el consumo de combustible del vehículo Toyota Prius C. Diseño del sistema de control de energía para elevar la autonomía de desplazamiento del vehículo plug-in Toyota Prius C durante el año 2016* [Tesis de maestría]. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- López, M. (2023, septiembre 20). *Informe OBS: Movilidad Eléctrica en España 2023*. OBS Business School. <https://www.obsbusiness.school/actualidad/informes-de-investigacion/informe-obs-movilidad-electrica-en-espana-2023>
- Lu, D., Zhang, J., & Peng, H. (2017). An online fault diagnosis approach for lithium-ion batteries using sparse representation. *Journal of Power Sources*, 342, 750-759.
- Lui, L., Wu, B., & Yang, Z. (2018). Battery management system based on improved unscented Kalman filter. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 65(3), 2270-2279.
- Martínez, J. (2017). *Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas* [Bachelor thesis, Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/104855>
- Mastragostino, M., & Soavi, F. (2007). Strategies for high-performance supercapacitors for HEV. *Journal of Power Sources*, 174(1), 89-93. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2007.06.009>

- Megalópolis, C. A. de la. (2021). *Beneficios ambientales de la movilidad eléctrica en las grandes ciudades*. gob.mx. <http://www.gob.mx/comisionambiental/articulos/beneficios-de-la-movilidad-electrica-por-el-derecho-a-un-medio-ambiente-sano>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2019). *Plan Nacional de Movilidad Eléctrica*. <https://www.recursoyenergia.gob.ec/>
- Moyano, P., & Pantoja, D. (2019). *Investigación de parámetros de desempeño de baterías de alta tensión de vehículos híbridos y eléctricos al aplicar un sistema de mantenimiento controlado para un diagnóstico eficiente*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Ordóñez, C. P., & Guerra, J. P. (2011). *ESTUDIO DE BATERÍAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS*. UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID.
- Padhi, A., Nanjundaswamy, K. S., & Goodenough, J. (1997). Phospho-Olivines as Positive-Electrode Materials for Rechargeable Lithium Batteries. *Journal of The Electrochemical Society*, 144, 1188-1194. <https://doi.org/10.1149/1.1837571>
- Pérez, A. (2022, Junio 16). *Baterías de litio: Tipos, ventajas e inconvenientes*. Auto Bild España. <https://www.autobild.es/noticias/baterias-litio-tipos-ventajas-inconvenientes-1078491>
- Plett, G. L. (2004a). Extended Kalman filtering for battery management systems of LiPB-based HEV battery packs: Part 1. Background. *Journal of Power Sources*, 134(2), 252-261. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2004.02.031>
- Plett, G. L. (2004b). Extended Kalman filtering for battery management systems of LiPB-based HEV battery packs: Part 2. Modeling and identification. *Journal of Power Sources*, 134(2), 262-276. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2004.02.032>
- Plett, G. L. (2015). *Battery Management Systems, Volume I: Battery Modeling*. Artech House.
- Pozo, A., & Molero, E. (2013). *El vehículo eléctrico y su infraestructura de carga* (1.ª ed.). Marcombo. <https://www.perlego.com/es/book/2152329/el-vehiculo-elctrico-y-su-infraestructura-de-carga-pdf>

- Rand, D. (2004). Battery State of Charge and Power Capability: Information from Current and Voltage. *Journal of The Electrochemical Society*, 151(7), A1093-A1103.
- Rebelo, S. S. (2018). *Investigación de la influencia de la ecualización de packs para prolongar la vida útil de la batería de alta tensión HV del vehículo híbrido Toyota Prius tercera generación*. [bachelorThesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz.].
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/14147>
- Redaktion, P.-G. (2022, julio 1). Cómo funciona una batería de litio | Jungheinrich PROFISHOP. *Guía-Profí*. <https://www.jungheinrich-profishop.es/es/guia-profi/como-funciona-una-bateria-de-litio/>
- Renova. (2024). *Baterías de fosfato de hierro y litio LFP Smart 12,8/300*. Renovaenergía S.A. <https://www.renova-energia.com/productos/bateria-fosfato-hierro-litio-lfp-smart-12-300/>
- Rontek. (2024). *Como Descargar las Baterías de Litio-Ion—STA Electrónica*. <https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/baterias-recarregaveis/baterias-de-litio/como-descargar-as-baterias-de-litio-ion>
- Sakai, T., Kojima, T., & Nagai, N. (1994). Development of a High Performance Ni-MH Battery. *Journal of Power Sources*, 47(3), 333-336.
- Sciarretta, A., Back, J., & Guzzella, L. (2010). Optimal power management of parallel hybrid electric vehicles. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 18(2), 416-426.
- Steren. (2022). *Pila telefónica recargable NiCd de 3.6 Vcc, 300 mAh*. Electronica Steren México. <https://www.steren.com.ec/pila-telefonica-recargable-nicd-de-3-6-vcc-300-mah.html>
- Tong, L. (2018). A review of battery electric vehicle (BEV) thermal management for improved energy efficiency and lifecycle. *Applied Energy*, 228, 3231-3246.
- Viera Pérez, J. C. (2009). *Carga rápida de baterías de Ni-Cd y Ni-MH de media y gran capacidad* [Universidad de Oviedo, Biblioteca Universitaria].

https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/16249/TD_Juan%20Carlos%20Viera%20Perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Viñuela, S. (2019, noviembre 11). *Qué pasa con las baterías de los coches eléctricos cuando se agotan*. Auto Bild España. <https://www.autobild.es/reportajes/pasa-baterias-coches-electricos-cuando-agotan-527121>
- Wu, H., Li, W., & Mi, C. (2015). A review on prognostics and health monitoring of Li-ion battery. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 62(2), 1314-1322.
- Yang, D. (2021). *Reciclaje de baterías de litio para vehículos eléctricos* [Master thesis, Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/358238>
- Yoshino, A. (2012). The birth of the lithium-ion battery. *Angewandte Chemie*, 51(24), 5798-5800. <https://doi.org/10.1002/anie.201105006>.
- Young, K., Simon, K., & Bendersky, L. (2016). *A Technical Report of the Robust Affordable Next Generation Energy Storage System-BASF Program*. 1-15. <https://doi.org/10.3390/batteries2010002>
- Zhang, J., & Lee, J. (2011). A review on prognostics and health monitoring of Li-ion battery. *Journal of Power Sources*, 196(15), 6007-6014. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2011.03.101>

ANEXOS