

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Proyecto de grado para la obtención del Título de Ingeniería en Mecánica Automotriz

Estudio del Funcionamiento del Conjunto de Baterías del Toyota Prius C Híbrido

Daniel Alejandro Escobar Leinberger

Director: Ing. Edwin Puente M.

Guayaquil, Abril 2018

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ
CERTIFICADO

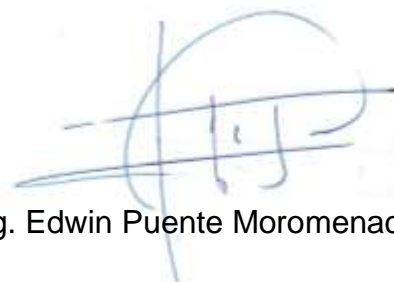
Ing. Edwin Puente Moromenacho.

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado **“ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL CONJUNTO DE BATERIAS DEL TOYOTA PRIUS C HIBRIDO”** realizado por el estudiante: **Daniel Alejandro Escobar Leinberger**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, Si recomiendo su publicación. El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizo al señor: **Daniel Alejandro Escobar Leinberger**, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Abril del 2018.



Ing. Edwin Puente Moromenacho
Director de Proyecto

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Daniel Alejandro Escobar Leinberger,

DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada **“ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL CONJUNTO DE BATERIAS DEL TOYOTA PRIUS C HIBRIDO”** ha sido desarrollada con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyado en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz.

Guayaquil, Abril del 2018,



Daniel Alejandro Escobar Leinberger.

C.I. 0917954968

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico primeramente a Dios por darme la fuerza de voluntad en realizar este logro académico

A mis padres Jimmy Escobar y Helga Leinberger por apoyarme en diferentes términos sin condiciones dadas en el transcurso de esta etapa importante de mi vida.

A mi hermano Andrés Escobar, quien fue el motor motivacional a lo largo de mi trayectoria estudiantil y me ha brindado de consejos para enfrentar y superar las barreras y obstáculos presentados durante el periodo de esta trayectoria.

Daniel Escobar Leinberger

AGRADECIMIENTO

En primera instancia quisiera agradecer a Dios principalmente por haberme dado la salud y la familia para continuar un camino de formación profesional la cual ha sido la culminación de mi carrera universitaria, donde pude obtener como experiencias varios logros y metas dentro de los campos de la ciencia, tecnología e innovaciones que brindan esta importante rama de la ingeniería mecánica.

A mis padres Jimmy Escobar y Helga Leinberger, quienes fueron el sustento moral y emocional a lo largo de esta extensa trayectoria sobretodo en situaciones de difícil comprensión. Sus sacrificios en diferentes ámbitos y su lucha para seguir adelante con mi actividad profesional son las acciones por las cuales estaré agradecido eternamente con ellos, por esto mi mayor orgullo de este trabajo será reflejado como una muestra de gratitud hacia ellos.

A mi hermano Andrés Escobar, quien se ha convertido en una guía desde lo laboral hacia lo académico, su apoyo incondicional me ha motivado en no rendirme en mis momentos de bajadas y caídas durante este recorrido para así poder alcanzar mis metas de profesionalización. La culminación de este capítulo de mi vida es un signo de la perseverancia que fomentaste desde mi primer día como universitario.

Finalmente, mi agradecimiento a cada docente de la UIDE Guayaquil quien estuvo presente en el desarrollo de mi profesión y además me instruyo de inspiración con el fin de superar límites en el conocimiento.

INDICE GENERAL

CERTIFICADO.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Situación actual del Toyota Prius en el Ecuador	1
1.1.1 Estudio del mercado de los vehículos híbridos	1
1.1.2 Toyota Prius en el Ecuador.....	2
1.1.3 Análisis del mercado de los vehículos híbridos.....	2
1.2 Baterías de alta tensión del Toyota Prius.....	4
1.2.1 Baterías de níquel e hidruro metálico	4
1.2.2 Ventajas	4
1.2.3 Desventajas	5
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos	6
1.4 Situación actual de tecnologías híbridas del Toyota Prius en el Ecuador	6
1.4.1 Escasez de mano de obra calificada	6
1.4.2 Infraestructura.....	7
1.5 Tiempo de vida útil de la batería Níquel – Hidruro Metálico	7
1.6 Inconvenientes dentro de los servicios prestados a estos vehículos	8
1.6.1 Pésima calidad en el atención al cliente	8

CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEORICO	9
2.1 Sistemas Híbridos	9
2.1.1 Concepto de Sistema Híbrido	9
2.1.2 Configuraciones de los sistemas	9
2.1.3 Operación de los motores en cada sistema	11
2.1.4 Características de los sistemas híbridos.....	12
2.1.5 Configuración del sistema	12
2.1.6 Batería Híbrida	13
2.1.7 Motor Eléctrico.....	14
2.1.8 Generador	15
2.1.9 Unidad de control de potencia	15
2.1.9 Dispositivo de conmutación de semiconductores.....	16
2.2 Toyota Prius C Híbrido.....	16
2.2.1 Concepto General	16
2.2.2 Especificaciones técnicas	17
2.2.3 Economía del combustible y emisiones.....	18
2.3 Batería HV de Níquel – Hidruro Metálico	19
2.3.1 Concepto de un sistema de baterías HV	19
2.3.2 Funcionamiento del conjunto de baterías	20
2.3.3 Flujo de energía eléctrica desde las baterías hacia las ruedas	20
2.3.4 Flujo de energía proporcionado por el motor de gasolina al motor eléctrico.....	20
2.3.5 Flujo de energía distribuido del motor de combustión a las baterías de alta tensión.....	20
2.3.6 Flujo de energía entregado por las ruedas a las baterías.....	20
2.3.7 Estado de Carga (State of Charge – SOC).....	21
2.3.8 Auto descarga	21
2.3.9 Características generales del conjunto de baterías de alto voltaje	21
2.3.10 Propiedades fisicoquímicas del conjunto de baterías del Toyota Prius C Híbrido.....	22
2.3.11 Estructura de enfriamiento del grupo de baterías de alta tensión	23
2.3.12 Funcionamiento del conjunto de baterías HV	23
2.3.13 Ejecución de las baterías durante el arranque.....	23

2.3.14 Operatividad de las baterías de alta tensión en el desplazamiento del vehículo.	24
2.3.15 Operatividad del grupo de baterías HV cuando el vehículo se encuentra en reposo.....	24
2.3.16 Operatividad del conjunto de baterías en situaciones de desaceleración del vehículo	25
2.3.17 Sistema de refrigeración del conjunto de baterías	25
2.4 Proceso de diagnóstico del conjunto de baterías	27
2.4.1 Comandos del módulo de control electrónico (ECU) de la batería HV	27
2.4.2 Comandos de parámetros del sistema híbrido	31
2.4.3 Controles de la ECU HV	32
2.4.4 Características generales de la ECU HV	32
2.4.5 Regulación del SOC (Estado de Carga)	33
2.4.6 Control de la ventilación del ensambla de baterías de alta tensión	34
2.4.7 Diagnósticos no computarizados del conjunto de baterías de alto voltaje	36
CAPITULO III	41
RECOLECCION DE DATOS.....	41
3.1 Escáner de comprobación.....	41
3.1.1 Mongoose Interfase	41
3.1.2 Procedimiento.....	43
3.1.3 Proceso de descarga de la batería	46
3.1.4 Proceso de carga de la batería.....	49
3.1.5 Proceso de descarga de la batería	50
3.1.6 Códigos de falla.....	51
3.2 Aplicación de formulas.....	53
3.3 Análisis y categorización de las baterías	54
3.4 Manual de seguridad del vehículo	55
3.4.1 Consideraciones del equipamiento para la revisión técnica	55
3.4.2 Consideraciones de seguridad para la manipulación de la batería HV.....	56
CAPITULO IV	58
ANALISIS DE RESULTADOS.....	58
4.1 Resultados de la revisión técnica.....	58
4.2 Estado de las celdas	59

4.3 Análisis para el cambio (recuperación) de celdas	60
CAPITULO V.....	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1 Conclusiones.....	61
Bibliografía.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Venta de vehiculos por año	3
Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas de la batería Níquel - Hidruro Metálico.....	5
Tabla 3. Comparación de sistema híbridos.....	13
Tabla 4. Regulaciones de las emisiones de los vehiculos.....	19
Tabla 5. Especificaciones del ensamblaje de baterias correspondiente al Toyota Prius C .	22
Tabla 6. Especificaciones del sistema de refrigeracion de la bateria HV.....	23
Tabla 7. Rango de resistencias del conector del sensor de corriente.....	36
Tabla 8. Rango de resistencias del conector del sensor de corriente.....	36
Tabla 9. Rango de resistencias del conector de sensor de corriente.....	36
Tabla 10. Lista de pruebas activas.....	38
Tabla 11. Pruebas activas al blower del conjunto de baterias	44
Tabla 12. Comandos del panel de control del Charger Research	47
Tabla 13. Categorización de las celdas.....	50
Tabla 14. Códigos de falla de la bateria HV.....	51
Tabla 15. Categorización de las celdas de la prueba	54
Tabla 16. Celdas categorizadas	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva comparativa de la venta de vehiculos a gasolina vs híbridos	3
Figura 2. Sistema hibrido en serie	9
Figura 3. Sistema hibrido en paralelo	10
Figura 4. Sistema hibrido mixto (serie/paralelo)	11
Figura 5. Emblema Hybrid Synergy Drive	11
Figura 6. Conjunto de batería de alto voltaje	13
Figura 7. Vista en sección transversal del motor eléctrico	14
Figura 8. Vista en sección transversal del motogenerador	15
Figura 9. Unidad de control de potencia	16
Figura 10. Toyota Prius C Hibrido	17
Figura 11. Dispositivo de corte de potencia MCI-MG1	18
Figura 12. Batería HV	20
Figura 13. Componentes de la batería de alta tensión	22
Figura 14. Esquema de operatividad durante el arranque	23
Figura 15. Esquema de operatividad durante el movimiento del vehiculo	24
Figura 16. Esquema de operatividad durante el reposo	24
Figura 17. Esquema de operatividad en desaceleración	25
Figura 18. Flujo de aire para el enfriamiento del conjunto de batería HV	26
Figura 19. Ubicación del sensor de temperatura en la batería HV	26
Figura 20. Componentes del sistema de refrigeración de la batería HV	27
Figura 21. Esquema electrónico de control del sistema	28
Figura 22. Esquema electrónico de control del sistema #2	29
Figura 23. Esquema electrónico de control del sistema #3	30
Figura 24. Esquema del sistema de comunicación	31
Figura 25. Esquema del control de la ECU de la batería	33

Figura 26. Medición del estado de carga (SOC)	33
Figura 27. Localización de componentes para su comprobación de fallas	34
Figura 29. Socket del sensor de corriente del conjunto de batería	37
Figura 30. Ubicación del conector del motor del ventilador	37
Figura 31. Componentes del escáner Techstream	41
Figura 32. Mongoose Interfase	41
Figura 33. Conector del Mongoose Interfase	42
Figura 34. Vista superior del conector.....	42
Figura 35. Conector USB del interfase.....	43
Figura 36. Verificación de la clavija de servicio	45
Figura 37. Verificación del fusible de alto voltaje del Jumper.....	46
Figura 38. Panel de control del Charger Research	47
Figura 39. Caja de conectores positivos del Charger Research.....	49
Figura 40. Conexión de las celdas	50
Figura 41. Equipamiento para la revisión técnica	55
Figura 42. Verificación del aislamiento de los guantes.....	56
Figura 43. Sello de peligro de alto voltaje.....	57
Figura 44. Conjunto de batería de alto voltaje del Toyota Prius C Híbrido	58

RESUMEN

El presente trabajo contempla la adquisición de material teórico, práctico y experimental recopilado con la finalidad beneficiosa de formar parte en la contribución de conocimiento como parte complementaria a la información desarrollada por el fabricante en este caso Toyota en su modelo Prius serie C, por lo que se ha investigado es una metodología suplementaria a la ya presentada por la Toyota a través de sus manuales de servicio.

El elemento principal que está enfocado en su estudio es el funcionamiento del conjunto de baterías híbridas del vehículo, se indaga un procedimiento no descrito por el mismo manual de servicio proporcionado por el fabricante pero que sirva como un archivo suplementario para la distribución de información. Además de los datos técnicos referentes a la tecnología e innovación, su estudio también aporta en exponer a una gama más amplia las bondades funcionales y estructurales de estos tipos de vehículos.

El enfoque de este proyecto de titulación es de manifestar generalmente la importancia de fomentar el desarrollo de análisis en el conjunto de baterías híbridas mediante distintos procedimientos, así como se está exponiendo en su reparación a través de pruebas

Por último, este trabajo tiene el objetivo fundamental de reflejar las nuevas tecnologías que rodean alrededor del mundo en la actualidad y además de instruirnos con lo más novedoso que existe en diferentes gamas de vehículos sobre el cuidado hacia la naturaleza y el medio ambiente

ABSTRACT

The following document includes the acquisition of theoretical, practical and experimental material compiled with the purpose of the proposal of adaptation in the contribution of knowledge as a complementary part to the information developed by the manufacturer in this case Toyota in its model Prius series C, by what has been investigated is a supplementary methodology to that already presented by the Toyota through its service manuals.

The main element that is focused on his study is the operation of the set of the batteries of the vehicle, we investigated a procedure not detected by the same service manual provided by the manufacturer but that served as a supplementary file for the distribution of information. In addition to the technical data refers to technology and innovation, its study also contributes to expose to a wider range the functional and structural benefits of this type of vehicles.

The focus of this titling project is to show generally the importance of encouraging the development of analysis in the set of hybrid firearms in various procedures, as well as this exposing in its repair through tests

Finally, this work has the fundamental objective of reflecting the new technologies that surround the world today and also the most novel instruments that exist in different ranges of vehicles on the care of nature and the environment

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 Situación actual del Toyota Prius en el Ecuador

1.1.1 Estudio del mercado de los vehículos híbridos

Durante los últimos once años, el Ecuador ha estado mejorando su tecnología por medio de dar pasos en avances dentro del sector automotriz como es la incorporación de automóviles con sistemas híbridos al mercado local, sin embargo todavía existe la carencia de confianza por parte del consumidor en el momento de adquirir uno de estos bienes muebles refiriéndose a temas importantes como es la seguridad, economía y accesibilidad de repuestos.

Actualmente se ha podido visualizar el crecimiento de este segmento de vehículos desde sus inicios por el año 2007 gracias a la alta variedad de marcas y modelos que existen en el mercado, pero desafortunadamente hay obstáculos que han estancado a este mercado por los últimos años, por el hecho de los comentarios que se formulan en referencia a la escasez de repuestos e incluso por la falta de mano de obra calificada en reparar los sistemas híbridos u otros componentes del vehículo como es la transmisión automática, provocando que los consumidores pierdan el interés en obtener un automóvil con nuevas tecnologías incorporadas y optar por un vehículo solamente de combustión interna.

En consideración que el gobierno por medio del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable ha propulsado en la importación de estos vehículos en comparación con los de gasolina dentro del mercado local a través de la exoneración de los impuestos ICE (Impuesto a los Consumos Especiales), IVA (Impuesto al Valor Agregado) y otros aranceles respectivos, que en su totalidad corresponden al 35% del valor del automóvil. Sin embargo esta exención que quedo vigente desde el 2008 fue anulada a partir de septiembre del 2010 por una decisión tomada por la Corporación Aduanera, indicando que la medida fue aprobada por la cantidad de dinero que el estado dejo de percibir a causa de dicho beneficio.

Según Fernando Hidrobo, en representación de la AEADE (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador), esta decisión cambió la futura estadía de los automóviles híbridos en el mercado. Hidrobo aclaró que las importaciones han ido decreciendo, debido a que su tecnología es más costosa para mantener que la de gasolina causando que la comercialización de estos bienes no sea rentables. (Silva, 2010)

1.1.2 Toyota Prius en el Ecuador

En el 2005, Ecuador importó el primer vehículo híbrido, del fabricante japonés Toyota, el modelo Prius con la finalidad de empezar estudios acerca de su desempeño en el medio local. Para el año 2007, el estado, por medio del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, hizo comprobaciones para verificar comparaciones entre un Toyota Prius y otro que compartía similares cualidades, con el fin de reducir las emisiones de CO₂ en el ambiente. Los resultados fueron positivos y se confirmó que los vehículos híbridos brindan beneficios para el medio ambiente. (Silva, 2010)

Gracias a estos antecedentes, la empresa Toyota del Ecuador S.A. inició las negociaciones con Japón, con el propósito que Ecuador sea la primera nación sudamericana en introducir este nuevo sistema tecnológico.

Se fomentó un programa de préstamo de estos automóviles a varios entes y funcionarios públicos y privados y medios de comunicación con la intención de promover una ley a favor de las importaciones de híbridos al país. Así el 31 de Julio del 2008, se confirmó que el proyecto generado por la Asamblea Constituyente acerca de la exoneración del IVA e ICE había sido concedido. Esto quiere decir, que la ley para la importación de estos automóviles fue dado el visto bueno gracias al trabajo del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (Silva, 2010)

Luego la tercera generación del Prius llegó al mercado nacional para su comercialización en junio del 2009 por parte de Toyota, logrando ser la primera marca automotriz en incorporar vehículos con esta tecnología al país.

1.1.3 Análisis del mercado de los vehículos híbridos

En la actualidad, el mercado en las ventas para esta segmentación de automóviles ha estado en crecimiento cada año como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 1. Venta de vehículos por año (AEADE)

Año	Número de vehículos vendidos	Número de vehículos híbridos vendidos
2013	95695	521
2014	100837	892
2015	66170	909
2016	55887	991

En la Tabla 1. y en la Figura 1. se muestran los valores comparativos en la venta de vehículos livianos de motores a gasolina e híbridos correspondientes a su respectivo año de comercialización.

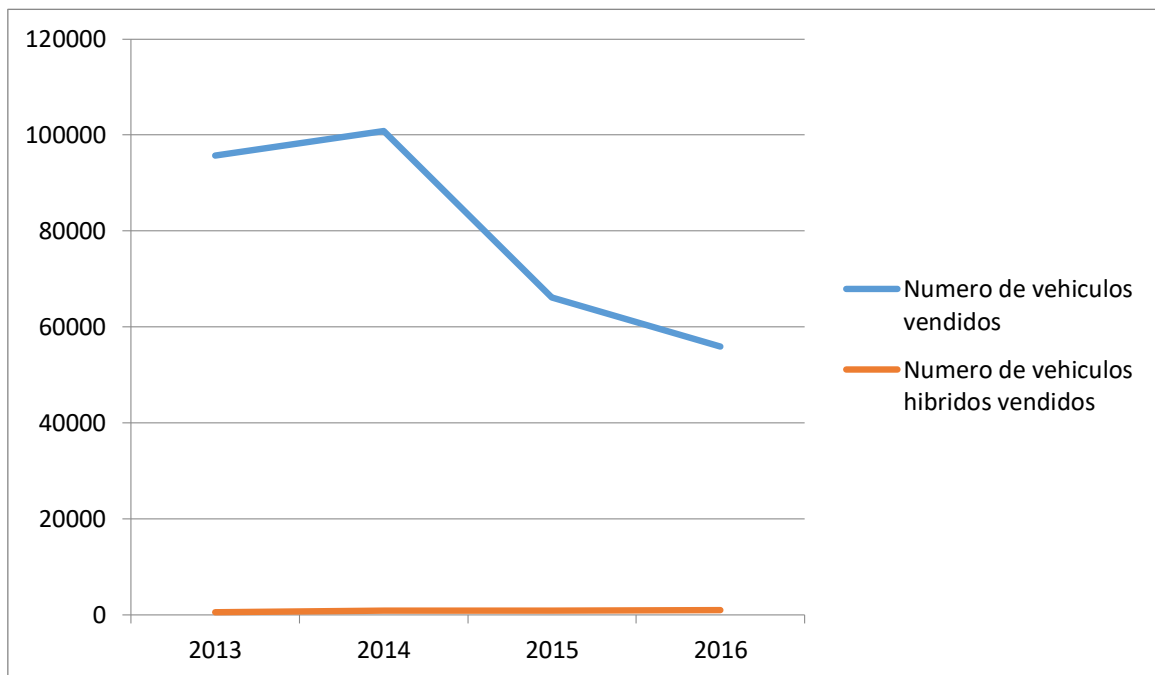


Figura 1. Curva comparativa de la venta de vehículos a gasolina vs híbridos (AEADE)

Las ventas de los vehículos híbridos tuvieron un gran incremento desde el 2013 hasta el 2016, a pesar en que este último año la economía del país y el sector automotriz atravesaron una crisis macroeconómica derivado de los choques externos y las decisiones de la política económica por parte del gobierno.

En la región sudamericana, Ecuador es una de las naciones donde se cancela más impuestos y aranceles cuando se adquiere un automóvil, y estos duplican el valor total del mismo bien mueble. Desglosando estos tributos, el consumidor debe asumir el 12% en referencia al Impuesto al Valor Agregado, 8% del Impuesto a los Consumos Especiales, 2% del Impuesto a la Salida de Divisas y otros montos por concepto de comisiones de ventas. (Silva, 2010)

1.2 Baterías de alta tensión del Toyota Prius

1.2.1 Baterías de níquel e hidruro metálico

Las baterías de níquel e hidruro metálico se distinguen por su alta fiabilidad y una incrementada vida útil. No obstante, el principal problema que tienen es el costo de su adquisición por los elevados niveles de Níquel y además de su excesivo peso. Para compensar algunos de estos inconvenientes, estas baterías brindan energía de manera proporcional con el fin de apoyar a un sistema de combustión interna.

Para respaldar la fiabilidad en estos componentes, son diseñados para su utilización durante ciclos de carga y descarga continuos, alrededor del 10% de su capacidad, dejando lo que sobra de su capacidad para garantizar que la batería mantendrá unos valores de rendimiento al mínimo al culminar su vida de operatividad. (Silva, 2010)

1.2.2 Ventajas

- Tienen una mayor energía específica (60 – 120 Wh/kg) en comparación con las de plomo y las de Níquel – Cadmio
- Posibilitan recargas de poca duración. Poseen una capacidad de permitir cargas rápidas con una duración de 1 y 3 horas, perfecto para cumplir la frenada regenerativa.
- No generan altos impactos medioambientales en relación a otras baterías como la del cadmio que su catión es considerablemente tóxico en concentraciones de partes por billón.

1.2.3 Desventajas

- Presentan elevados costos de adquisición
- Ciclo de vida moderado por parte de la alta corrosión que sufren los hidruros metálicos debido a la alcalinidad del electrolito, lo que provoca su reducción en la recargabilidad del acumulador.

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas de la batería Níquel - Hidruro Metálico

Propiedades Fisicoquímicas	
Voltaje	1.2 V
Potencia Especifica	0.8 – 1.0 KW/Kg
Energía Especifica	70 – 80 Wh/Kg
Densidad Especifica	400 KJ/Kg
Auto descarga	3 – 4 meses
Rango Operativo de Temperatura	0 – 40 °C
Ciclos de vida	600 - 1500

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Realizar un estudio generalizado del conjunto de baterías de alta tensión correspondiente al vehículo Toyota Prius C Híbrido a través de un prolongado y centrado análisis de campo utilizando mecanismos de comprobación precisos dentro de las instalaciones de la UIDE extensión Guayaquil para la obtención y transmisión de resultados al interés público el cual su desarrollo tendrá un tiempo de 6 meses.

1.3.2 Objetivos Específicos

Ejecutar un esquema de recopilación informativa a través del análisis al conjunto de baterías híbridas y adjuntarlo en un documento de lectura comprensible para utilizarlo como complemento en aplicaciones futuras.

Desarrollar un completo estudio sobre el funcionamiento del sistema híbrido y las operaciones de la respectiva batería de alta tensión a través del empleo de instrumentos de diagnóstico.

Publicar los resultados adquiridos y otros parámetros fundamentales que permitan asistir en futuras comprobaciones al estudio de las baterías híbridas de alto voltaje.

1.4 Situación actual de tecnologías híbridas del Toyota Prius en el Ecuador

1.4.1 Escasez de mano de obra calificada

El tratamiento hacia los automotores híbridos debe ser el más adecuado, es de suma importancia para los técnicos e ingenieros en formación que se instruyan a través de la obtención de cursos y capacitaciones y así lograr un buen rendimiento en el trabajo, sin embargo para recibir aquellas capacitaciones se necesita viajar al extranjero lo cual la mayoría de las personas que se dedican a esta actividad automotriz no tienen la posibilidad económica de hacerlo, lo que provoca que estos técnicos tengan que consultar hacia otros colegas en caso de que les presentaran algún problema al momento de reparar un automóvil híbrido.

En los talleres locales no hay presencia de técnicos que estén habilitados en los campos de tecnología, procesos y métodos de reparación en un nivel del 100% lo que causa la demora de ciertas reparaciones. Un ejemplo que resalta este inconveniente es la falta de capacidad de los técnicos al reparar el conjunto de baterías de alto voltaje, en este caso reemplazando sus celdas, sin necesidad de incurrir al cambio completo del grupo de baterías, algo que sería de alto costo de inversión hacia el cliente. (Silva, 2010)

1.4.2 Infraestructura

En la actualidad los centros de reparación y mantenimiento para los vehículos cuentan con el equipamiento necesario como son las maquinarias y herramientas para operar con los automóviles de características híbridas, no obstante del 100% de esos instrumentos de diagnóstico, solo un porcentaje relativamente menor los técnicos están capacitados para utilizarlos de la forma correcta. La infraestructura que conllevan los talleres en el Ecuador es suficientemente necesarios para realizar mantenimientos y reparaciones, en comparación con el nivel de conocimientos de los técnicos. Todo esto debido al limitado acceso de información, ocasionando que estos talleres no requieran mucha de esta tecnología para que formen parte de su equipamiento. (

1.5 Tiempo de vida útil de la batería Níquel – Hidruro Metálico

La mayor preocupación para los propietarios del Toyota Prius es la vida útil de su conjunto de batería. Toyota declara que las baterías duran unos 160,000 km o diez años. Sin embargo, el conjunto de baterías Prius han fallado prematuramente. La falla puede ser causada por una disminución significativa en el estado de salud ocurrido por el desgaste de todo el paquete o de un módulo individual de la batería.

La batería del Toyota Prius consta de 38 módulos de NiMH (Nickel Metal Hydride – Níquel Hidruro Metálico), cada uno de los cuales contiene seis pilas de NiMH en serie. Toyota ha diseñado su sistema para operar en forma de batería dividida, es decir, la aparente 'tierra' (chasis) del paquete de baterías HV (High Voltage – Alto Voltaje) se produce entre los módulos 19 y 20, donde el enchufe de servicio está instalado. El sistema de gestión de batería del Prius toma una medición de voltaje diferencial en cada par de módulos, se mide la corriente en el conjunto y la ECU de gestión de batería realiza cuatro mediciones de temperatura en todo el paquete. (Silva, 2010)

Como el Prius alcanzó diez años de estar disponible en el mercado de EE. UU., en febrero de 2011, Consumer Reports examinó el costo de vida y reemplazo de su batería. La revista probó un Toyota Prius 2002 con más de 200,000 millas en él, y comparó los resultados con el Prius 2001 casi idéntico con 2,000 millas probado por Consumer Reports 10 años antes. La comparación mostró poca diferencia en el rendimiento cuando se evaluó la economía de combustible y la aceleración. La economía de combustible total del modelo 2001 fue de 40.6 millas por galón estadounidense (5.79 L/100 km) mientras que el Prius

2002 con alto millaje entregó 40.4 millas por galón estadounidense (5.82 L/100 km). La revista concluyó que la efectividad de la batería no se ha degradado a largo plazo. El costo de reemplazar la batería de la primera generación varía entre \$2,200 y \$2,600 de un concesionario Toyota, pero las unidades de bajo uso de los “junkers” están disponibles por alrededor de \$500. Un estudio indica que puede valer la pena reconstruir las baterías utilizando los módulos buenos de las baterías usadas defectuosas. (Consumer Reports, 2012)

1.6 Inconvenientes dentro de los servicios prestados a estos vehículos

1.6.1 Pésima calidad en la atención al cliente

A través de encuestas que fueron realizadas a un grupo de consumidores, estos acotan que no están conformes por la atención brindada dentro de las concesionarias y centros autorizados debido al demasiado tiempo que se tarda en las reparaciones, no obstante esta demora provoca mayor presión hacia los operadores que trabajan en las reparaciones y mantenimientos por lo que podría causar un cambio en su actitud sobre su trabajo y la atención al consumidor.

La cantidad de reclamos han aumentado por parte de los clientes por el hecho de que ellos aclaman que pagaron para recibir un servicio de calidad por parte del personal en los talleres, así de igual manera en la satisfacción por los resultados obtenidos mediante el desempeño de sus vehículos.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Sistemas Híbridos

2.1.1 Concepto de Sistema Híbrido

Los sistemas híbridos de automóviles combinan dos fuentes de energía motriz, como un motor de combustión interna y un motor eléctrico, para aprovechar los beneficios proporcionados por estas fuentes de alimentación y compensar las deficiencias de los demás, lo que resulta en un rendimiento de conducción altamente eficiente. Aunque los sistemas híbridos usan un motor eléctrico, no requieren carga externa, como lo hacen los vehículos eléctricos.

2.1.2 Configuraciones de los sistemas

2.1.2.1 Sistema híbrido en serie

El motor acciona un generador, y un motor eléctrico usa esta electricidad generada para conducir las ruedas. Esto se denomina sistema híbrido en serie porque la potencia fluye a las ruedas en serie, es decir, la potencia del motor y la potencia del motor están en serie. Un sistema híbrido en serie puede ejecutar un motor de pequeña producción en la región operativa eficiente de forma relativamente constante, generar y suministrar electricidad al motor eléctrico y cargar la batería de manera eficiente. Tiene dos motores: un generador (que tiene la misma estructura que un motor eléctrico) y un motor eléctrico.

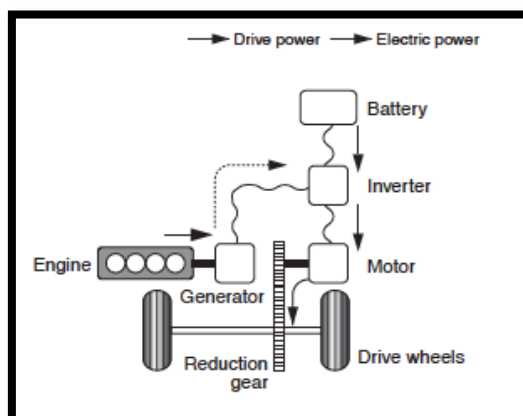


Figura 2. Sistema híbrido en serie
(Manual de reparación Toyota)

2.1.2.2 Sistema híbrido en paralelo

En un sistema híbrido paralelo, tanto el motor como el motor eléctrico conducen las ruedas, y la potencia de accionamiento de estas dos fuentes puede utilizarse de acuerdo con las condiciones imperantes. Esto se llama un sistema híbrido paralelo porque la energía fluye a las ruedas en paralelo. En este sistema, la batería se carga al encender el motor eléctrico para que actúe como generador, y la electricidad de la batería se utiliza para impulsar las ruedas. Aunque tiene una estructura simple, el sistema híbrido en paralelo no puede conducir las ruedas desde el motor eléctrico mientras que simultáneamente carga la batería ya que el sistema tiene un solo motor.

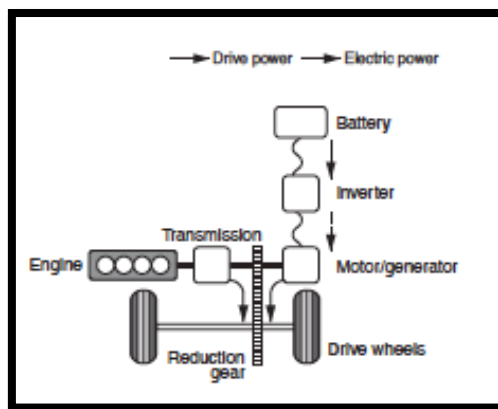


Figura 3. Sistema híbrido en paralelo
(Manual de reparación Toyota)

2.1.2.3 Sistema híbrido serie/paralelo

Este sistema combina el sistema híbrido en serie con el sistema híbrido paralelo para maximizar los beneficios de ambos sistemas. Tiene dos motores y, dependiendo de las condiciones de manejo, usa solo el motor eléctrico o la potencia de conducción tanto del motor eléctrico como del motor de combustión interna, para lograr el nivel de eficiencia más alto. Además, cuando es necesario, el sistema impulsa las ruedas mientras simultáneamente genera electricidad usando un generador. Este es el sistema utilizado en el Prius y el Estima Hybrid.

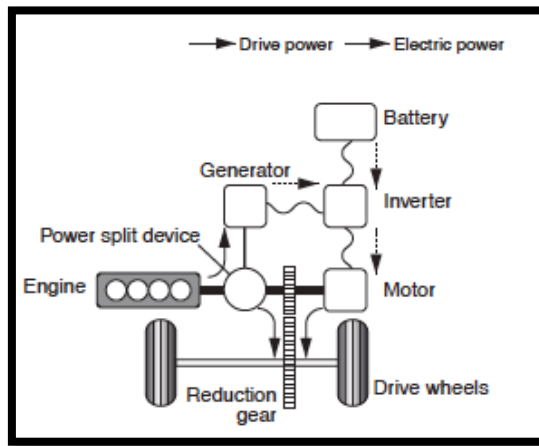


Figura 4. Sistema híbrido mixto (serie/paralelo)
(Manual de reparación Toyota)

2.1.3 Operación de los motores en cada sistema

Dado que un híbrido en serie usa su motor para generar electricidad para que el motor impulse las ruedas, el motor eléctrico y el motor de combustión realizan casi la misma cantidad de trabajo. Un híbrido paralelo utiliza el motor como la fuente de alimentación principal, con el motor utilizado solo para proporcionar asistencia durante la aceleración. Por lo tanto, el motor se usa mucho más que el motor. En un híbrido serie/paralelo (Toyota Hybrid System en el Prius), un dispositivo de división de potencia divide la potencia del motor, por lo que la relación de potencia va directamente a las ruedas y para el generador es continuamente variable. Como el motor puede funcionar con esta potencia eléctrica a medida que se genera, el motor se usa más que en un sistema paralelo.



Figura 5. Emblema Hybrid Synergy Drive
(Manual de reparación Toyota)

La tecnología HSD produce un vehículo híbrido completo que permite que el automóvil funcione solo con el motor eléctrico, a diferencia de la mayoría de los otros híbridos de marca que no pueden y son considerados híbridos suaves. El HSD también combina un accionamiento eléctrico y un conjunto de engranajes planetarios que se comporta de forma similar a una transmisión continuamente variable.

2.1.4 Características de los sistemas híbridos

2.1.4.1 Reducción de la pérdida de energía

El sistema detiene automáticamente el ralentí del motor (parada en ralentí), reduciendo así la energía que normalmente se desperdicia. (Manual de reparación Toyota, 2011)

2.1.4.2 Recuperación de energía y reutilización

La energía que normalmente se desperdicia como calor durante la desaceleración y el frenado se recupera como energía eléctrica, que luego se utiliza para alimentar el motor de arranque y el eléctrico. (Manual de reparación Toyota, 2011)

2.1.4.3 Asistente de motor

El motor eléctrico ayuda al motor durante la aceleración.

2.1.4.4 Control de operación de alta eficiencia

El sistema maximiza la eficiencia general del vehículo mediante el uso del motor eléctrico para hacer funcionar el vehículo en condiciones de funcionamiento en las que la eficiencia del motor es baja y mediante la generación de electricidad en condiciones de funcionamiento en las que la eficiencia del motor es alto. El sistema híbrido serie / paralelo tiene todas estas características y, por lo tanto, proporciona una eficiencia de combustible y un rendimiento de conducción superiores. (Manual de reparación Toyota, 2011)

2.1.5 Configuración del sistema

El sistema consta de dos tipos de fuentes de energía motriz, es decir, un motor de gasolina de alta eficiencia que utiliza el ciclo Atkinson, que es un ciclo de relación de alta expansión, así como un motor síncrono de CA de imán permanente con una salida 1.5 veces mayor, generador, batería de hidruro de níquel-metal de alto rendimiento (Ni-MH) y una unidad de control de potencia. Esta unidad de control de potencia contiene un circuito de potencia de alto voltaje para elevar el voltaje del sistema de suministro de energía para el motor y el generador a una alta tensión de 500 V, además de un inversor de CA-CC para convertir la corriente de CA de la motor y el generador y la corriente continua de la batería híbrida. Otros componentes clave incluyen un dispositivo de división de potencia, que transmite las fuerzas motrices mecánicas del motor, el motor y el generador asignándolas y combinándolas. La unidad de control de potencia controla con precisión estos componentes

a altas velocidades para permitirles trabajar de forma cooperativa con una alta eficiencia. (Manual de reparación Toyota, 2011)

Tabla 3. Comparación de sistema híbridos (Manual de reparación Toyota)

	Fuel economy improvement				Driving performance	
	Idling stop	Energy recovery	High-efficiency operation control	Total efficiency	Acceleration	Continuous high output
Series	⊙	□	⊙	⊙	●	●
Parallel	⊙	⊙	●	⊙	⊙	●
Series/parallel	□	□	□	□	⊙	⊙

□ Excellent ⊙ Superior ● Somewhat unfavorable

2.1.6 Batería Híbrida

Al reducir la resistencia interna de la batería mejorando el material del electrodo y utilizando una estructura de conexión completamente nueva entre celdas (de batería), la densidad de entrada/salida de la nueva batería es un 35% mejor que la utilizada en THS (Toyota Hybrid System), logrando la mayor densidad de salida (salida por unidad de peso) en el mundo. Para mantener una carga constante, la batería nueva se descarga o recibe energía de carga del generador y del motor, y por lo tanto no requiere carga externa, como lo hacen los vehículos eléctricos. (Manual de reparación Toyota, 2011)



Figura 6. Conjunto de batería de alto voltaje (Manual de reparación Toyota)

2.1.7 Motor Eléctrico

El motor eléctrico ha sido desarrollado en base a las tecnologías que Toyota ha nutrido mientras trabajaba en vehículos eléctricos. El THS II utiliza un motor de tipo síncrono de CA, que es un motor DC de alta eficiencia sin escobillas con corriente alterna. Los imanes de neodimio (imanes permanentes) y un rotor hecho de placas de acero electromagnético apiladas forman un motor de alto rendimiento. Además, disponiendo los imanes permanentes en una forma de V óptima, el par motor se mejora y la salida aumenta. Esto, combinado con una mayor fuente de alimentación lograda por un aumento en el voltaje de la fuente de alimentación, ha incrementado la potencia de salida aproximadamente 1,5 veces desde THS, es decir, de 33 kW a 50 kW, incluso con un motor del mismo tamaño, produciendo la mayor elaboración por unidad de peso y volumen en el mundo. Para el control del motor, se ha agregado un sistema de control de sobre modulación recientemente desarrollado al rango de velocidad media, además de los métodos de control de baja y alta velocidad existentes. Al mejorar el método de modificación del ancho de pulso, la salida en el rango de velocidad media se ha incrementado en un máximo de aproximadamente 30%. (Manual de reparación Toyota, 2011)

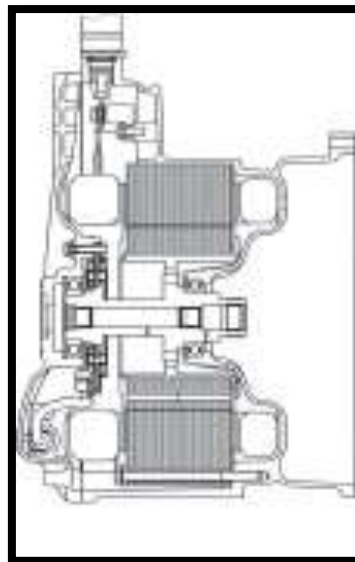


Figura 7. Vista en sección transversal del motor eléctrico
(Manual de reparación Toyota)

2.1.8 Generador

Al igual que el motor, el generador también es un tipo sincrónico de CA. Para suministrar suficiente potencia al motor de alta salida, el generador gira a altas velocidades, aumentando su salida. Medidas tales como la mejora de la resistencia del rotor han aumentado el rango de rpm para la salida máxima posible de 6.500 (en el tipo convencional) a 10.000 rpm. Estas altas rpm han aumentado significativamente la fuente de alimentación hasta el rango de velocidad media, mejorando el rendimiento de aceleración en baja/media velocidad. Como resultado, se ha logrado una combinación óptima de un motor eléctrico de alto rendimiento y un motor de combustión interna.



Figura 8. Vista en sección transversal del motogenerador
(Manual de reparación Toyota)

2.1.9 Unidad de control de potencia

La unidad de control de potencia contiene un inversor que convierte la corriente continua de la batería en una corriente alterna para conducir el motor y un convertidor de CC/CC para la conversión a 12V. En THS II, se ha agregado un circuito de potencia de alto voltaje que puede aumentar el voltaje de la fuente de alimentación a 500V. En función de la relación entre $\text{Potencia} = \text{Tensión} \times \text{Corriente}$, al aumentar la tensión se puede reducir la corriente, lo que a su vez permite reducir el tamaño del inversor. Además, debido a que los circuitos de control se han integrado, el tamaño de la unidad de control de potencia se ha mantenido casi igual a la anterior. (Manual de reparación Toyota, 2011)



Figura 9. Unidad de control de potencia
(Manual de reparación Toyota)

2.1.9 Dispositivo de conmutación de semiconductores

Este dispositivo de conmutación de semiconductores (IGBT: Transistor bipolar de puerta aislada) aumenta el voltaje de la batería y convierte la potencia de CC potenciada en CA para impulsar el motor. Como la corriente que se debe cambiar es grande, es importante minimizar la generación de calor. Toyota ha desarrollado un transistor único afinado hasta el nivel de cristal. Este dispositivo es un 20% más pequeño que el dispositivo similar utilizado en THS y ha logrado una baja generación de calor y una alta eficiencia. (Manual de reparación Toyota, 2011)

2.2 Toyota Prius C Híbrido

2.2.1 Concepto General

El Toyota Prius C (C significa "ciudad"), llamado Toyota Aqua en Japón, es un híbrido de gasolina y electricidad fabricado y comercializado por Toyota Motor Corporation. El Prius C es el tercer miembro de la familia Prius y combina las características de un automóvil del tamaño de un Yaris con un sistema de propulsión híbrido. El Prius C tiene un precio más bajo que el Prius convencional y tiene una mayor economía de combustible en conducción urbana bajo los ciclos de prueba de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. El Prius C fue calificado por la EPA (Environmental Protection Agency – Agencia de Protección Ambiental) como el auto compacto más eficiente en el consumo de combustible en 2012 excluyendo los vehículos eléctricos enchufables.

El Aqua es considerado el lanzamiento con más éxito de la placa de identificación en Japón en los últimos 20 años. A partir de enero de 2017, el Aqua/Prius C es el segundo híbrido más vendido de Toyota Motor Corporation después del Prius regular, con

1.380.100 unidades vendidas en todo el mundo. Japón como líder del mercado con 1.154.500 unidades vendidas hasta enero de 2017. El Aqua fue el auto nuevo más vendido en Japón durante tres años consecutivos, de 2013 a 2015. Toyota Canada, 2011)



Figura 10. Toyota Prius C Híbrido
(Manual de reparación Toyota)

2.2.2 Especificaciones técnicas

Construido sobre una plataforma mejorada y aerodinámica inspirada en el Yaris, el Prius C presenta el Generation 3 Hybrid Synergy Drive de Toyota con un motor DOHC (Double Overhead Camshaft – Doble Árbol de Levas en la Culata) de cuatro cilindros y 1.8 litros con 16 válvulas con motor de gasolina VVT-i (Variable Valve Timing with intelligence – Sincronización Variable de Válvula Inteligente), el mismo modelo de motor y desplazamiento que en los primeros Prius, pero ahora "sin correa", con todas las unidades accesorias reemplazadas por motores eléctricos que funcionan con el motor encendido. (Manual de reparación Toyota, 2011)

A diferencia de los Prius anteriores, el Prius C incorpora trayectorias de reducción de engranaje planetario separadas para el MCI/MG1 (motor de combustión interna/motogenerador 1, este camino familiarmente conocido como el "dispositivo de división de potencia", con el MG1 haciendo doble función como el arranque del MCI y un alternador de carga de batería; alto voltaje para cargar la batería HV, alto voltaje a través de un convertidor DC-DC para cargar la batería LV), y el MG2 (motogenerador 2, esta ruta se conoce como el "dispositivo de reducción de velocidad del motor", con el MG2 realiza doble función como el motor de tracción (propulsión) y el alternador de carga regenerativa de la batería HV), lo que permite un mayor rendimiento eléctrico (esto está limitado principalmente por la relación MG1 a la transmisión final, y, por supuesto, la capacidad de

la MG1), y un mayor rendimiento híbrido (esto está limitado principalmente por la relación MG2 a la transmisión final, y, por supuesto, la capacidad de la MG2), con las relaciones de transmisión, por lo tanto, las velocidades de rotación de MG1 y MG2, ahora mejor igualadas a sus respectivas m funciones en un paquete significativamente más pequeño y ligero. El mecanismo de cadena que se encuentra en los HSD (Hybrid Synergy Drive – Unidad de Sinergia Híbrida) Gen 1 y Gen 2 también se elimina y se reemplaza por engranajes helicoidales en Gen 3 HSD. La relación de MG2 es 2.5:1 en lugar de 1:1 como en HSD anteriores, lo que permite que el tamaño físico de MG2 se reduzca a la sección transversal del MG1. (Manual de reparación Toyota, 2011)



Figura 11. Dispositivo de corte de potencia MCI-MG1
(Manual de reparación Toyota)

El sistema híbrido incluye una nueva batería e inversor de alto voltaje y una batería auxiliar de 12 voltios más pequeña. Ambas baterías están ubicadas debajo del asiento trasero del pasajero, y son fácilmente accesibles para el personal de servicio, pero están protegidas de posibles daños por colisión mediante una jaula de acero tubular soldada que también sirve de soporte para el asiento trasero. Estando alojada debajo del asiento del pasajero, la gran batería de tracción de alto voltaje no afecta el espacio del maletero, a diferencia de la batería de tracción en los Prius anteriores. Esta ubicación para la batería de tracción también reduce significativamente el centro de gravedad del Prius C y mejora el manejo en carretera.

2.2.3 Economía del combustible y emisiones

Según los ciclos de prueba de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, el Prius C 2017 tiene una potencia de 48 millas por galón (4.9 L/100 km) y 43 millas por galón (5.5 L/100 km) autopista, para una economía combinada de combustible

de 46 millas por galón (5.1 L/100 km). La certificación de emisión del Prius C es SULEV. El Prius C fue calificado por la EPA como el vehículo compacto más eficiente en combustible del año modelo 2012, excluyendo los vehículos eléctricos enchufables. Cuando se consideran los automóviles eléctricos, el Chevrolet Volt se ubica en la parte superior de la categoría de autos compactos, seguido por el Prius C. (Toyota Canada, 2011)

Tabla 4. Regulaciones de las emisiones de los vehículos (Drivehomesafe.com)

SIGLAS	SIGNIFICADO	DESCRIPCION
LEV	(Low Emission Vehicle):	El menor estándar exigente de California.
ULEV	(Ultra Low Emission Vehicle):	50% más limpio que el modelo promedio.
SULEV	(Super Ultra Low Emission Vehicle):	90% más limpio que el modelo promedio.
PZEV	(Partial Zero Emission Vehicle):	Cumple SULEV por 15 años o 150000 millas
AT PZEV	(Advanced Technology PZEV):	Cumple PZEV por 15 años o 150000 millas
ZEV	(Zero Emission Vehicle):	98% más limpio que el modelo promedio.

2.3 Batería HV de Níquel – Hidruro Metálico

2.3.1 Concepto de un sistema de baterías HV

Este es el principal componente que constituye el sistema híbrido por el hecho que es la principal fuente de energía para la activación de esta estructura tecnológica. El trabajo proporcionado por este sistema es muy variable dependiendo de las condiciones de manejo, donde participan los motogeneradores y el motor de combustión interna.

Durante la provisión de energía a los motores eléctricos y la retroalimentación de los mismos por medio de un sistema que incorpora el freno regenerativo, la batería de alto voltaje forma parte entre el trabajo de los dos procesos mencionados, esta fuente de energía mantiene varios ciclos de carga y descarga establecido por el fabricante y conocido como estado de carga (SOC – State of Charge), el cual mediante distintas imposiciones se conceden las ordenes de accionar el motor de combustión interna. El conjunto de baterías tiene la capacidad de proporcionar un voltaje de hasta 200 VCC.



Figura 12. Batería HV
(Manual de reparación Toyota)

2.3.2 Funcionamiento del conjunto de baterías

Este grupo de baterías tiene la principal función de entregar y recibir energía por medio de distintos modos de los cuales se comentaran a continuación.

2.3.3 Flujo de energía eléctrica desde las baterías hacia las ruedas

Durante el arranque del vehículo, las baterías de alto voltaje suministra energía para activa las ruedas por medio del uso del motogenerador.

2.3.4 Flujo de energía proporcionado por el motor de gasolina al motor eléctrico

En situaciones más rigurosas de adquisición de potencia al momento de que el motor de combustión interna impulsa a los engranajes planetarios, los cuales contemplan dos funciones: la primera es de proveer par a las ruedas motrices y su segunda función es de propulsar a los dos motogeneradores que uno está encargado de suministrar energía eléctrica y el otro abastecer fuerza a las ruedas.

2.3.5 Flujo de energía distribuido del motor de combustión a las baterías de alta tensión

Si en ralentí la carga de las baterías es inferior a lo normal, el motor tiene la orden de encenderse para cargarlas.

2.3.6 Flujo de energía entregado por las ruedas a las baterías

Cuando el vehículo se encuentra en posiciones de inclinación o en frenadas continuas, la energía cinética es restablecida y se transforma en energía eléctrica a través de la activación del segundo motogenerador y será acumulado dentro de las baterías de alto voltaje.

2.3.7 Estado de Carga (State of Charge – SOC)

Esta terminología define la capacidad que el grupo de baterías híbridas cuenta y que dispone para suministrar al vehículo, esta propiedad se lo considera como una medida porcentual.

Este parámetro es variable por el hecho de que la adquisición de energía eléctrica no es de la misma cantidad debido a las diferentes exigencias de movimiento presenta el vehículo, el estado de carga depende principalmente de las tasas de carga y descarga.

Este es un proceso electroquímico que es efectuado por una reacción de cargas resultando un efecto de tipo eléctrico, dado a que la adquisición y distribución energética de este producto existe pérdidas y ganancias podría ocasionar una variación en el cálculo de la obtención del estado de carga hasta de un nivel de 3%.

2.3.8 Auto descarga

El fenómeno de auto descarga se centra en el envejecimiento de las baterías de alto voltaje cuando su estado de carga es afectado por el largo tiempo de esfuerzo que han estado operando, quiere decir que se pueden descargar de forma automática hasta aproximadamente un 3% de lo normal, este porcentaje es considerado en el momento que se quiera realizar procedimiento de carga y descarga por distintos lapsos de tiempo.

2.3.9 Características generales del conjunto de baterías de alto voltaje

- Las diferentes celdas que conforman el grupo de baterías HV híbridas están fabricadas con el material de níquel – hidruro metálico, esta manufacturación permite un equilibrio de dureza, firmeza de la carga acumulada y una limitada variación del estado de carga.
- Los componentes principales como el módulo de control electrónico, relé principal del sistema y el conjunto de baterías HV se encuentran ubicadas dentro del maletero en la parte posterior de los asientos de los pasajeros por motivos de protección y aprovechamiento de espacio
- Este sistema tiene equipado una clavija de servicio el cual se encarga de realizar la respectiva desconexión del grupo de celdas correspondientes a la batería, y es necesario su renovación para evitar o prevenir algún tipo de inconveniente
- El calor generado por las reacciones electroquímicas durante los procesos de carga y descarga de la batería HV provoca la instalación de un ventilador que enfría al conjunto de celdas, de igual manera la climatización del habitáculo es utilizado para esta función.

- La batería HV del Toyota modelo Prius está constituida por 120 células (1.2 V/6 células) x 20 celdas, formando una tensión de 144 VCC, facilitándola en su tamaño y peso.

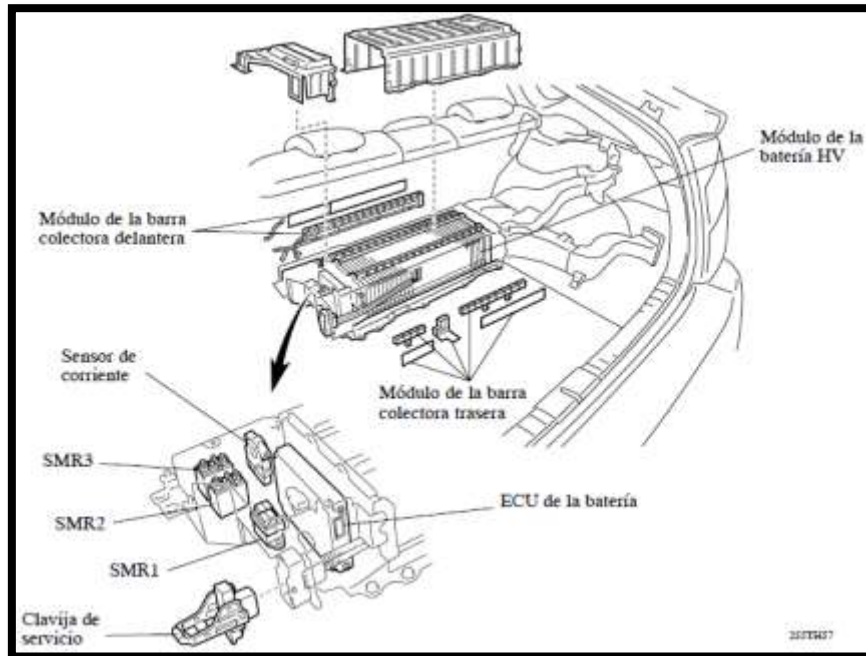


Figura 13. Componentes de la batería de alta tensión
(Manual de reparación Toyota)

2.3.10 Propiedades fisicoquímicas del conjunto de baterías del Toyota Prius C Híbrido

Tabla 5. Especificaciones del ensamblaje de baterías correspondiente al Toyota Prius C (Manual de reparación Toyota)

Concepto	Descripción
Tipo	Batería de Níquel e Hidruro Metálico
Tensión	7.2 V/celda
Tensión Total	144 V
Capacidad	6.5 Ah
Cantidad	20 celdas

La batería que el Toyota Prius C utiliza como fuente de alimentación para los componentes del sistema híbrido está elaborada de elementos de níquel e hidruro metálico, está conformada por 20 celdas con 7.2 V cada una sumando una tensión total de 144 V Y portando una capacidad de 6.5 Ah.

2.3.11 Estructura de enfriamiento del grupo de baterías de alta tensión

Tabla 6. Especificaciones del sistema de refrigeración de la batería HV (Manual de reparación Toyota)

Concepto	Descripción
Clase	Sinocco
Tamaño (Diámetro x Altura)	100 x 80
Motor	DC
Volumen de flujo de aire	Min 40 – Max 150
Tensión total	<50 V

El sistema de refrigeración de la batería de alto voltaje cuenta con un motor DC de clase Sinocco que proporciona una tensión total menor a 50V.

2.3.12 Funcionamiento del conjunto de baterías HV

La operatividad del Toyota Prius C es aumentar la eficiencia a través de la disminución del consumo de combustible fósil con el fin de reducir el impacto negativo hacia el ambiente por medio del uso simultáneo de los motogeneradores en conjunto con el motor de combustión interna.

2.3.13 Ejecución de las baterías durante el arranque

La energía que se encuentra aglomerada dentro de la batería HV es distribuida al MG2 (Motogenerador 2) que al mismo tiempo provee el toque necesario a las ruedas motrices.

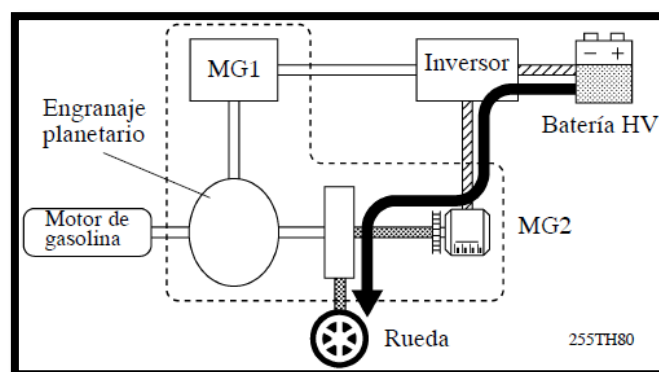


Figura 14. Esquema de operatividad durante el arranque (Manual de reparación Toyota)

2.3.14 Operatividad de las baterías de alta tensión en el desplazamiento del vehículo.

Este es un paso crucial donde la configuración híbrida activa su sistema y esta trabaja en conjunto de forma alternativa, el motor de gasolina se encarga de proporcionar torque a través de los engranajes planetarios y así también realiza el movimiento al MG1 (Motogenerador 1) que uniformemente suministra energía al MG2 para ejecutar el movimiento de las ruedas. En esta fase el conjunto de baterías HV no están en operación.

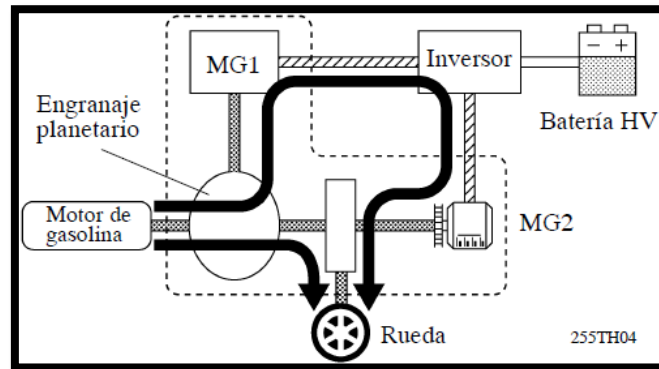


Figura 15. Esquema de operatividad durante el movimiento del vehículo (Manual de reparación Toyota)

2.3.15 Operatividad del grupo de baterías HV cuando el vehículo se encuentra en reposo

Al momento que el automóvil se encuentra en posición de parking, el mismo sistema híbrido inhabilita la transmisión y cuando la alimentación de la batería lograr el rango mínimo del estado de carga, el motor de gasolina se activa para realizar la respectiva carga a la batería HV a través del Motogenerador 1.

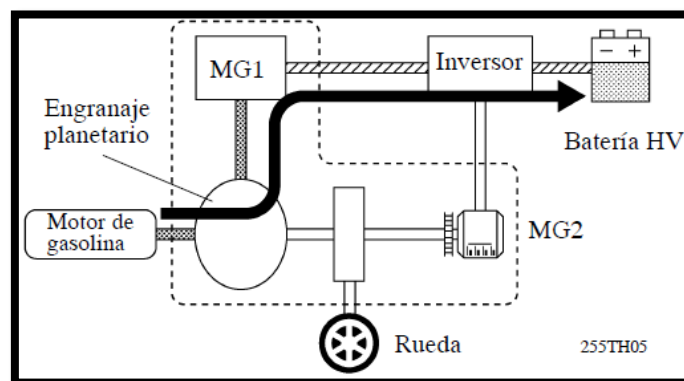


Figura 16. Esquema de operatividad durante el reposo (Manual de reparación Toyota)

2.3.16 Operatividad del conjunto de baterías en situaciones de desaceleración del vehículo

El sistema híbrido además de poseer la característica de ahorrar energía al minimizar el consumo de combustible, también presenta la cualidad de aprovechar la energía generada por los frenos del automóvil, que es utilizada para ejecutar la carga de las baterías HV. Esto es producido por la inercia de la resistencia al desplazamiento por parte de los motogeneradores.

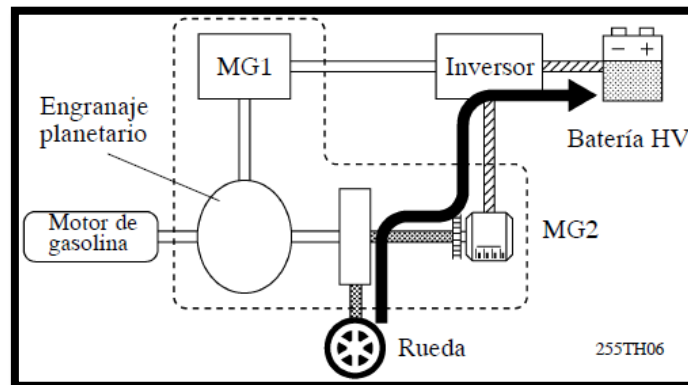


Figura 17. Esquema de operatividad en desaceleración
(Manual de reparación Toyota)

2.3.17 Sistema de refrigeración del conjunto de baterías

Como parte de los productos dentro de las reacciones electroquímicas de carga y descarga, la batería es un dispositivo que durante su desempeño genera energía calorífica, por lo que su desarrollo en los ciclos de funcionamiento puede ser afectado de manera negativa si no recibe un tratamiento adecuado. Para controlar estos aumentos de temperatura, se ha implementado un sistema de refrigeración que captura estos parámetros de calentamiento de la batería y además de la temperatura del aire que se encuentra en sus alrededores, refiriéndose al aire proveniente de la cabina, el cual se administra en ella provocando la reducción de calor lo que las mantiene óptimas para su correcto funcionamiento.

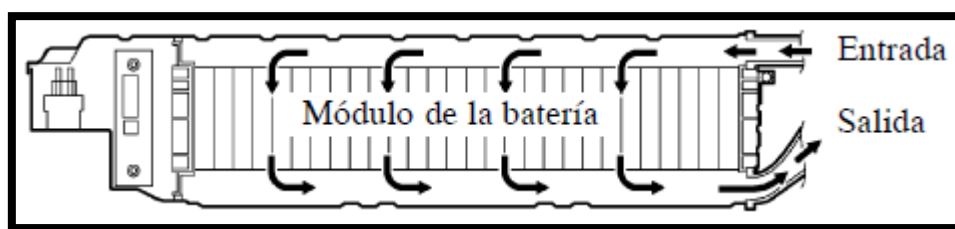


Figura 18. Flujo de aire para el enfriamiento del conjunto de batería HV
(Manual de reparación Toyota)

Esta estructura de enfriamiento está comprendida de un ventilador que se encuentra localizada en la parte derecha del portamaletas, absorbe el aire climatizado del habitáculo y a su vez circula a través de las celdas de la batería de alta tensión y después elimina los residuos de aire que tienen capturado el calor expulsándolos fuera del automóvil sin afectar el entorno climatizado del habitáculo. El módulo de control electrónico de la batería controla las velocidades del ventilador de acuerdo a lo que el sensor de la batería pida.

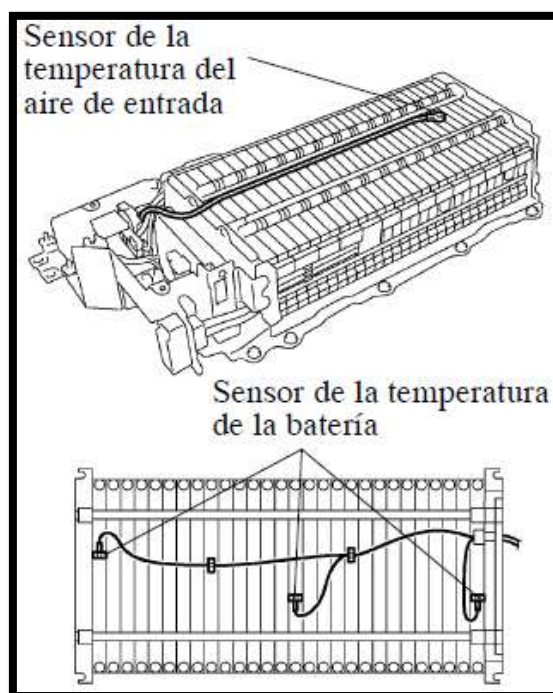


Figura 19. Ubicación del sensor de temperatura en la batería HV
(Manual de reparación Toyota)

Si la temperatura se incrementa y supere los parámetros indicados por el fabricante y no es regulada de manera anticipada, el funcionamiento del sistema híbrido podría verse afectado, probablemente la causa de este inconveniente podría ser una falla en el sensor o deterioro en algún componente eléctrico en el interior de la batería.

El enfriamiento de la batería está basado en un flujo de aire que ingresa al cuerpo de la fuente de energía para desplazar el calor generado por su funcionamiento al exterior del automóvil, la introducción del aire es realizado en la parte superior de la batería y por medio de sus canales es transportado hacia el lado inferior, expulsando la energía calorífica para mantener un estado óptimo y mejorar sus condiciones de rendimiento.

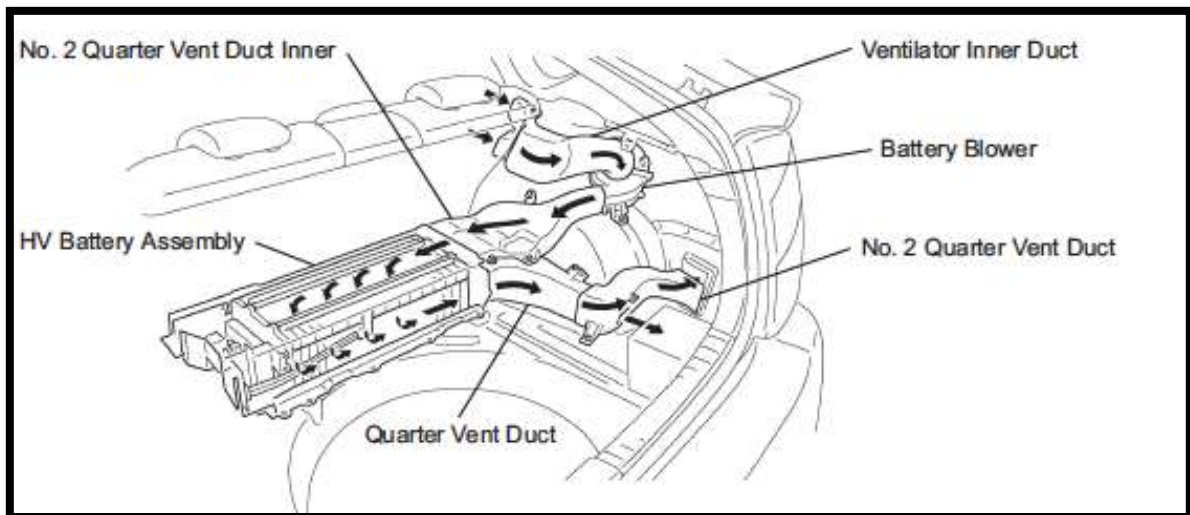


Figura 20. Componentes del sistema de refrigeración de la batería HV
(Manual de reparación Toyota)

2.4 Proceso de diagnóstico del conjunto de baterías

2.4.1 Comandos del módulo de control electrónico (ECU) de la batería HV

- La ECU toma control de los dos motogeneradores del sistema MG1 y MG2 de igual manera el motor de combustión interna al hacer aplicar torque para producir la marcha, también los frenos regenerativos y el estado de carga de la batería de alta tensión, estos comandos se basan en distintos parámetros como son la posición de la palanca de cambios, el ángulo del pedal del acelerador y la misma velocidad del automóvil.
- Inspecciona el rendimiento de funcionamiento de los dos motogeneradores para proveer un equilibrio de rendimiento de la batería HV
- Cuando el vehículo se encuentra en posición de neutro, no se aplica la torsión necesaria para hacer mover las ruedas motrices, el modulo electrónico desconecta los MG1 y MG2 para inhabilitar su funcionamiento.
- Impide el descenso del automóvil si el pedal del freno no está accionado

- En situaciones de patinaje es probable que se produzca un exceso de energía y por ende la transmisión sea afectada, la ECU proporciona el control de la tracción durante el desarrollo de este problema
- En casos de sobrecarga del sistema, la computadora de las baterías se encarga de dirigir tres relés que trabajan junto al relé principal del sistema para desconectar el sistema de alto voltaje en caso de que ocurriera este evento.

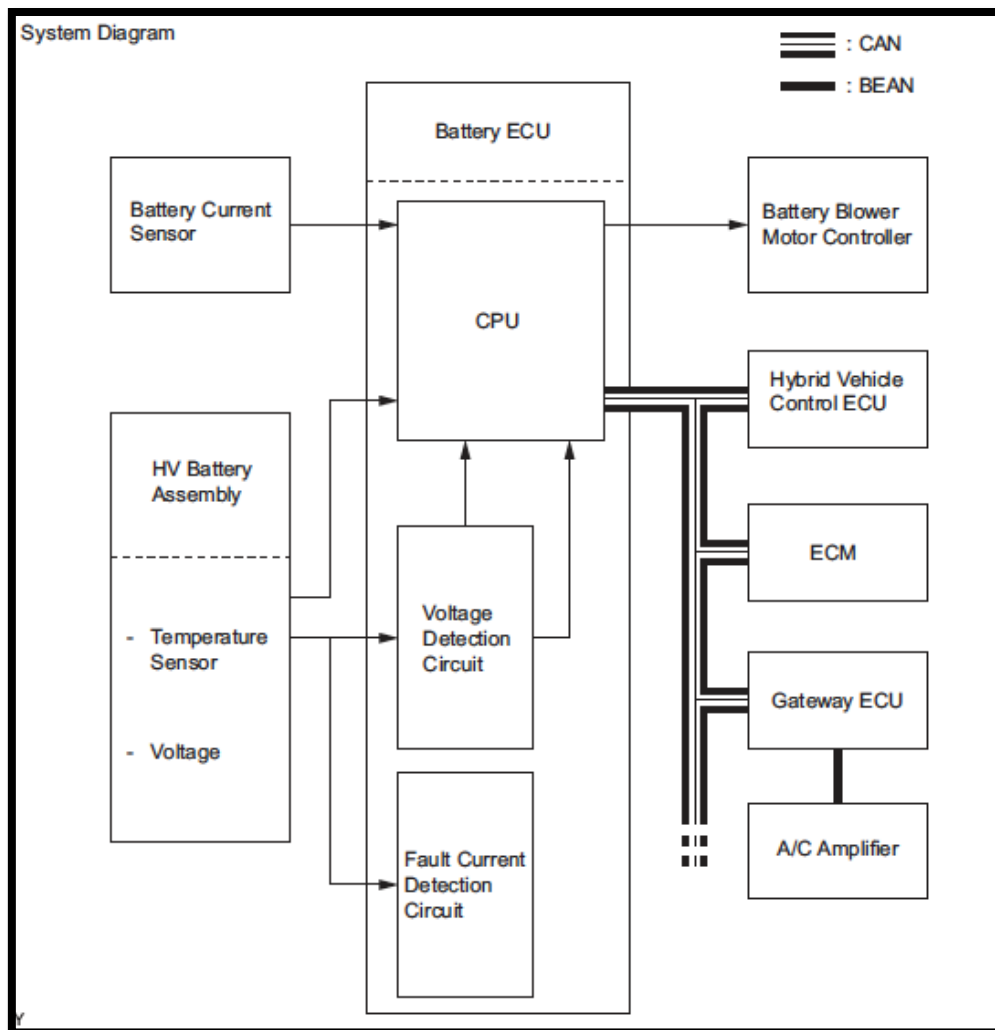


Figura 21. Esquema electrónico de control del sistema
(Manual de reparación Toyota)

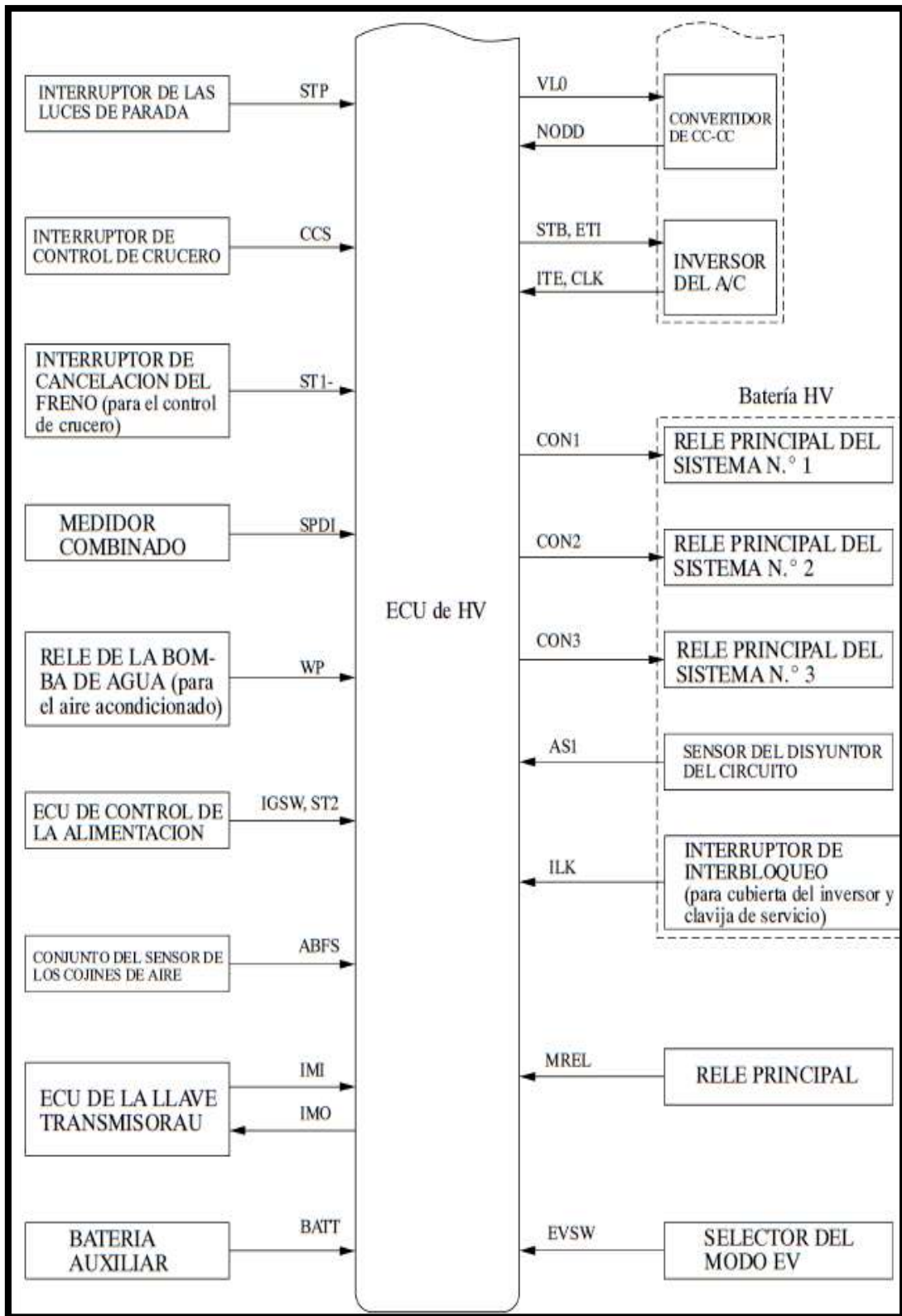


Figura 22. Esquema electrónico de control del sistema #2
(Manual de reparación Toyota)

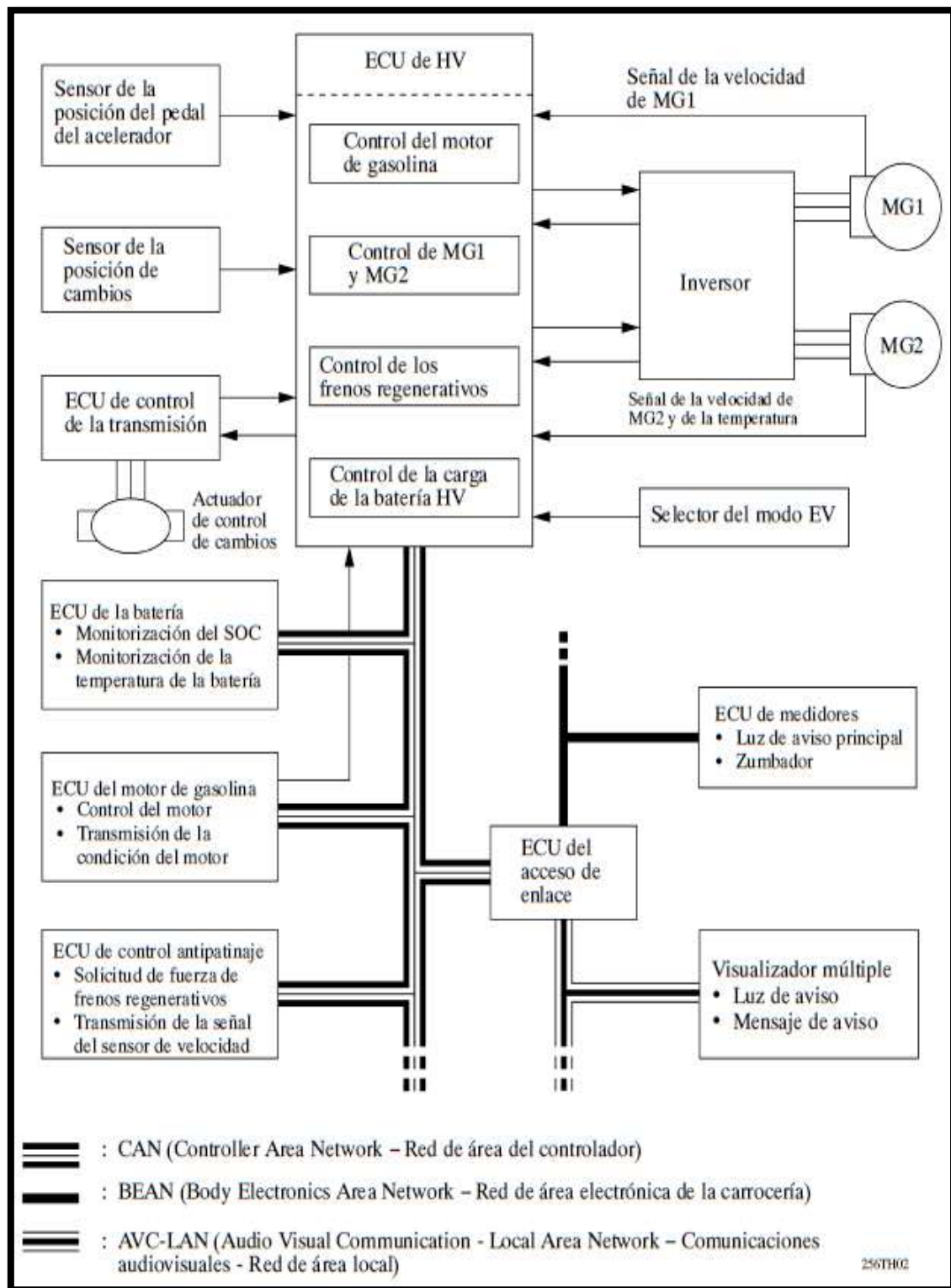


Figura 23. Esquema electrónico de control del sistema #3 (Manual de reparación Toyota)

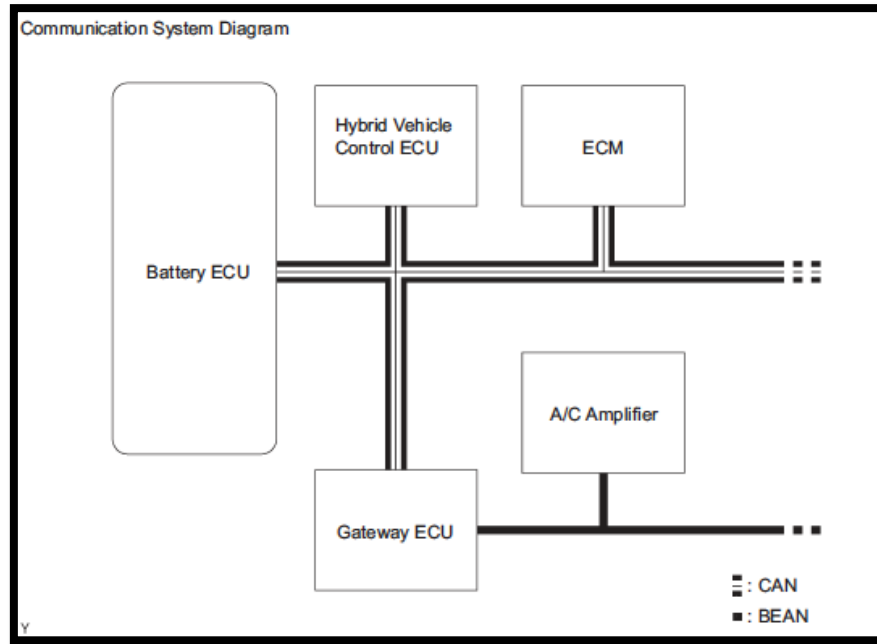


Figura 24. Esquema del sistema de comunicación
(Manual de reparación Toyota)

2.4.2 Comandos de parámetros del sistema híbrido

2.4.2.1 Comando de motorización

El módulo de control electrónico de la batería de alto voltaje controla de manera regular el estado de carga de sus mismas baterías, en caso de que el SOC se encuentre por debajo del rango inferior, la ECU de HV le ordena al motor de gasolina que se active y por ende suministre movimiento al MG1 que al mismo tiempo genera la carga necesaria por las baterías de alta tensión alcancen el rango de SOC superior ocasionando que el motor de combustión se desactive.

2.4.2.2 Comando de desconexión

En momentos que se encuentre la marcha en modo “parking”, los dos motogeneradores se encuentran desconectados para no transmitir energía motriz a las ruedas como sucede con el MG2. Considerando que este tipo de desconexión no puede ser efectuado bajo ciertas condiciones que se explican a continuación:

- En pleno movimiento de conducción en carretera cuando se ejecuta un freno y se accionen el ABS (Anti Block Brake System – Sistema de frenos anti bloqueo) y EBD (Electronic Brake Distribution – Distribución electrónica de frenado), para recuperar el rodaje varias veces antes de darle marcha al vehículo se selecciona el

cambio “neutro” y el sistema no cumple con la desconexión del segundo motogenerador debido a que solicita un torque para restaurar el movimiento

- Durante el manejo del vehículo y aplicación del pedal de freno, los frenos regenerativos podrían minimizar el torque para no desarrollar una mala experiencia en el frenado.
- En el momento que ambos motogeneradores (MG1 y MG2) operan a un régimen de mayor rango que su nivel proporcionado la desconexión no se efectúa.

2.4.2.3 Comando de asistencias

El sistema híbrido consta con una programación que está diseñada en el momento que el vehículo tenga que dar arranque cuando se encuentra parqueado en planos inclinados lo que sucede dos puntos: el par generado por el motor eléctrico es incrementado lo que favorece una salida equilibrada y además el módulo de control del conjunto de las baterías envía datos al sistema que esta encarga del anti patinaje con el fin de hacer actuar a los frenos de las ruedas que se encuentran en la parte de atrás ayudando al automóvil a que se ruede para atrás en su arranque.

2.4.3 Controles de la ECU HV

- Se encarga de detectar las fugas o disminución de la carga y además del SOC
- Procesa la temperatura proveniente de las baterías y controla el desempeño de operatividad del “blower” que expulsa el calor hacia el exterior.

2.4.4 Características generales de la ECU HV

- Registra la temperatura generada por las baterías HV a través de sensores de temperatura que se encuentran adaptados a ella.
- Detecta la fuga de energía eléctrica de las baterías por medio de un circuito complementario.
- Sensa la tensión del ensamblaje de baterías
- Registra el flujo de corriente a través de un sensor de amperaje
- Se encarga de calcular el SOC (Estado de Carga)

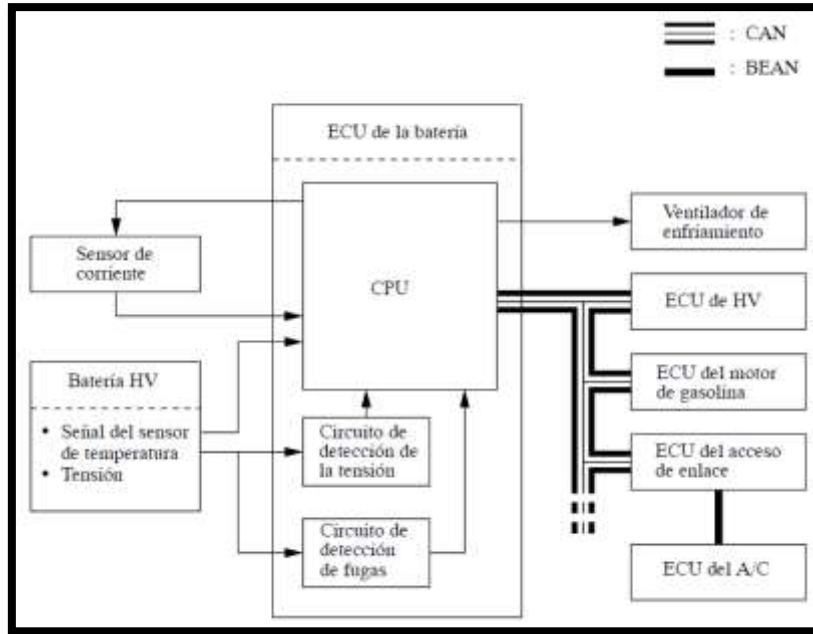


Figura 25. Esquema del control de la ECU de la batería
(Manual de reparación Toyota)

2.4.5 Regulación del SOC (Estado de Carga)

En el desplazamiento del vehículo, el ensamblaje de baterías se encuentran sometidas a diferentes etapas de carga y descarga, la ECU calcula un aproximado del SOC para enviarlo a la ECU HV, que está encargada de controlar este parámetro en cualquier evento.

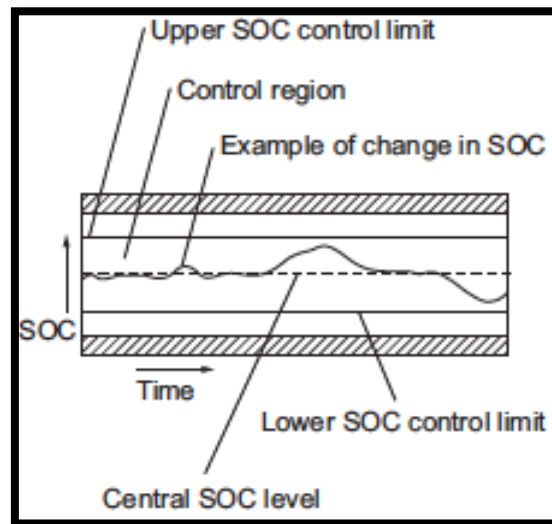


Figura 26. Medición del estado de carga (SOC)
(Manual de reparación Toyota)

2.4.6 Control de la ventilación del ensambla de baterías de alta tensión

Por medio de los sensores encargados del registro de temperatura que se encuentran adjuntados a las baterías activan el ventilador cuyo funcionamiento aporta a mejorar la temperatura de las baterías para que estén en el rango anunciado por el mismo fabricante.

Como se había mencionado anteriormente que la baterías se encuentran localizadas en el interior del portamaletas y su sistema de enfriamiento adquiere la climatización proveniente de la cabina, en situaciones que empiecen a generar un exceso de energía calorífica, el módulo de control electrónico de las baterías HV se inhabilita ocasionando que el circuito del habitáculo realice su trabajo.

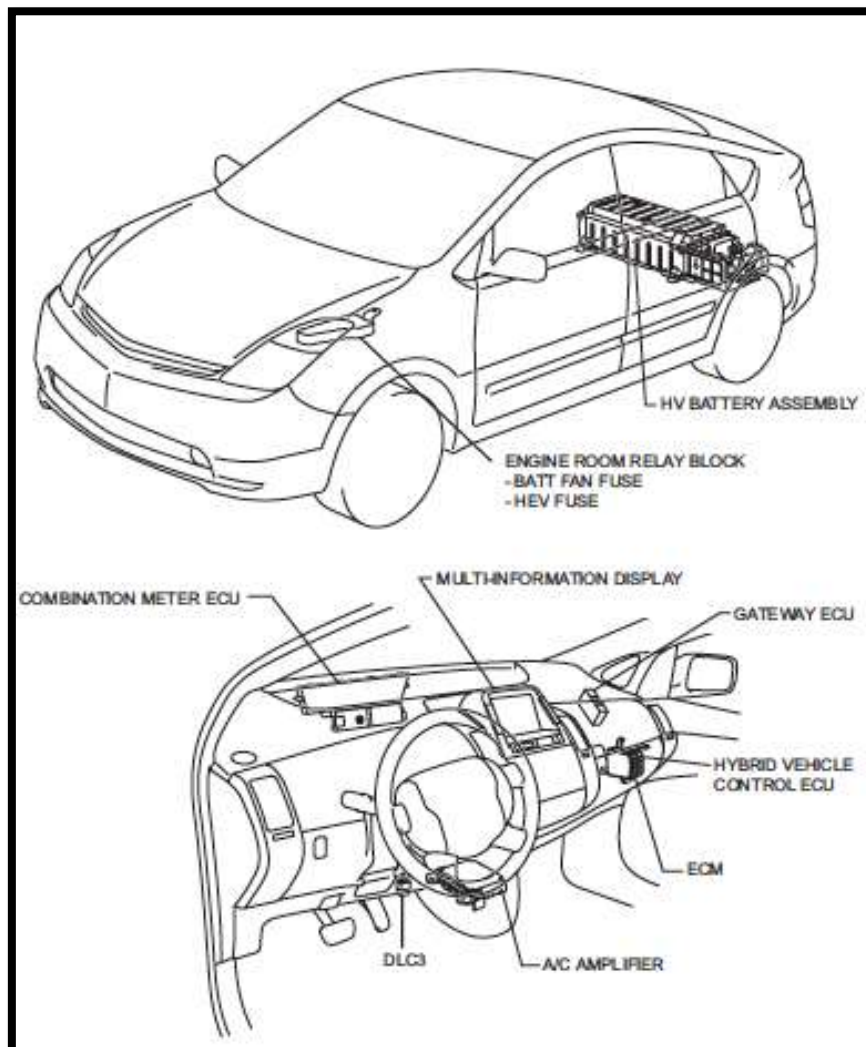


Figura 27. Localización de componentes para su comprobación de fallas
(Manual de reparación Toyota)

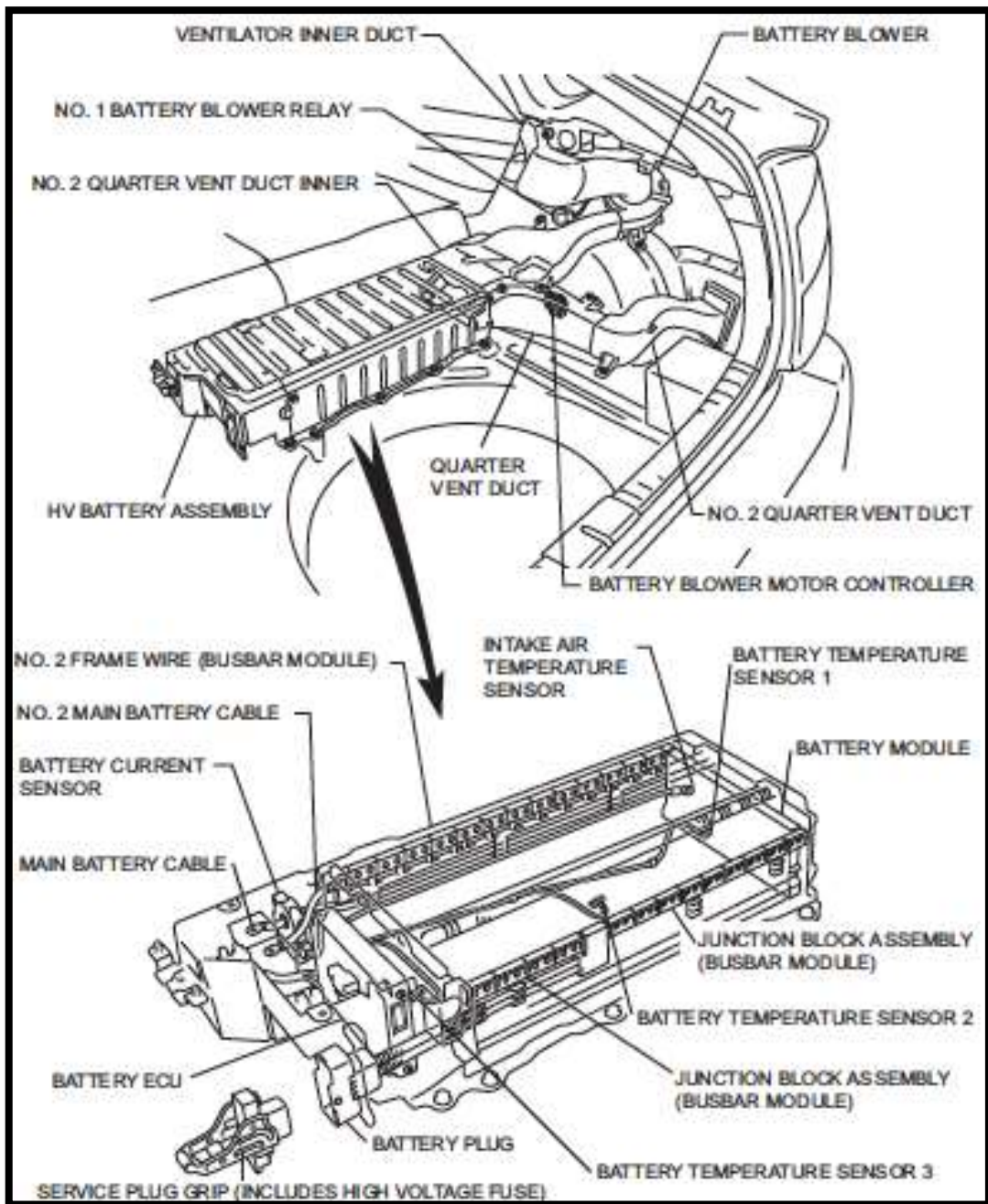


Figura 28. Ubicación de las partes para diagnóstico de fallas

(Manual de reparación Toyota)

La Figura 28. muestra la localización de los componentes relevantes al sistema de ventilación de la batería híbrida para realizar sus respectivas comprobaciones en caso de algún código de falla relacionado a la refrigeración del conjunto.

2.4.7 Diagnósticos no computarizados del conjunto de baterías de alto voltaje

El método de comprobación más rápido, efectivo y recomendado por el mismo fabricante a través de su manual es mediante el uso del scanner Techstream pero existen otras verificaciones y análisis que se desarrollan de forma manual en donde se obtiene información sobre las resistencias de ciertos componentes y estos deben cumplir con lo especificado del manual para que ejecuten correctamente.

2.4.7.1 Comprobación del sensor de corriente del conjunto de baterías híbridas

Verificación de resistencias

1. Medir las resistencias de los terminales VIB y GIB

Tabla 7. Rango de resistencias del conector del sensor de corriente (Manual de reparación Toyota)

Conector	Resistencia
Positivo (VIB) - Negativo (GIB)	3.5 – 4.5 kΩ
Positivo (GIB) - Negativo (VIB)	5 – 7 kΩ

Si los resultados no se encuentran dentro del rango determinado reemplace el sensor

2. Medir las resistencias de los terminales VIB y IB (1-3)

Tabla 8. Rango de resistencias del conector del sensor de corriente (Manual de reparación Toyota)

Conector	Resistencia
Positivo (VIB) - Negativo (IB)	3.5 – 4.5 kΩ
Positivo (IB) - Negativo (VIB)	5 – 7 kΩ

Si los resultados no se encuentran dentro del rango determinado reemplace el sensor

3. Medir las resistencias de los terminales GIB y IB (2-3)

Tabla 9. Rango de resistencias del conector de sensor de corriente (Manual de reparación Toyota)

Conector	Resistencia
GIB - IB	<0.2 Ω

Si los resultados no se encuentran dentro del rango determinado reemplace el sensor

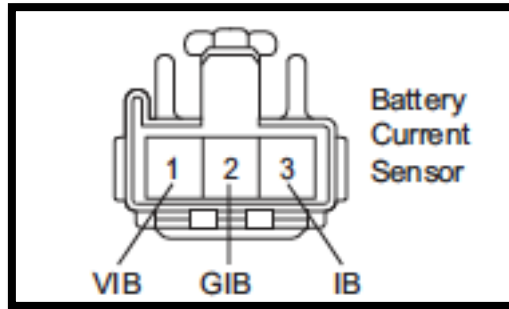


Figura 29. Socket del sensor de corriente del conjunto de batería
(Manual de reparación Toyota)

2.4.7.2 Comprobación del ventilador del conjunto de baterías híbridas

1. Desarrollar la verificación previa con el uso del Techstream, luego realizar las comprobaciones del funcionamiento con las velocidades del 1 al 6.
2. Retirar el jumper de servicio luego remover el conector del ventilador que se encuentra acoplado al motor, medir los dos terminales 1 y 2 del conector. Su resistencia normal según lo que indica el fabricante es de $<9\Omega$.

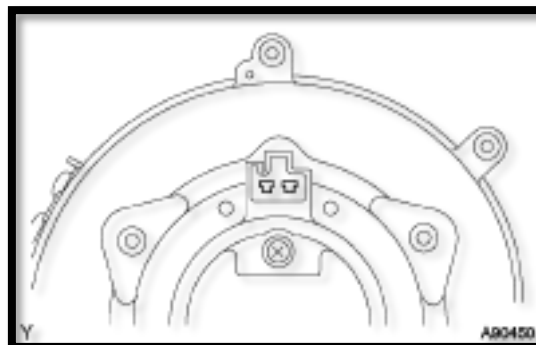


Figura 30. Ubicación del conector del motor del ventilador
(Manual de reparación Toyota)

3. Comprobación de la resistencia de los sockets que corresponden la arnés de cables los cual debe registrar una medición de $>1\Omega$.

Tabla 10. Lista de pruebas activas (Manual de reparacion Toyota)

Intelligent Tester Display	Measurement Item/Range (Display)	Refernce Range	Diagnostic Note
MIL status	MIL status/ ON or OFF	MIL ON: ON	Constant ON: Repair in accordance with detected DTCs
Driving Mileage	Accumulated driving mileage after the malfunction occurrence/ Min.: 0 km, Max.: 65,535 km		
Battery SOC	Battery state of charge/ Min.: 0%, Max: 100%	Always: 0 to 100%	
Delta SOC	Difference between maximum and minimum values of SOC/ Min.: 0%, Max.: 100%	READY light ON, engine stopped and no electrical load: 0 to 60%	
IB Battery	Current value of battery pack/ Min.: -327.68 A, Max.: 327.67 A	Soon after a full-load acceleration with the engine stopped: Maximum 140 A (room temperature) When shifting into N position, 1 second has elapsed after engine started with P position, engine stopped, head light ON, A/C fan high, and READY light ON: Maximum 30 A	
Batt Inside Air	Temperature of intake ambient air to battery pack/ Min.: -327.68°C, Max.: 327.67°C	Undisturbed for 1 day: Same as ambient air temperature	
VMF Fan Voltage	Battery blower motor monitoring voltage/Min.: -25.6 V, Max.: 25.4 V	Fan mode 1 with READY light ON and P position: 9.5 to 11.5 V	

Aux Battery Voltage	Auxiliary battery voltage/ Min.: 0 V, Max.: 25.4 V	Equivalent to auxiliary battery voltage	-
WIN	Charge control wattage which is sent from battery ECU to hybrid vehicle control ECU/Min.: -64 kW, Max.: 0 kW	25 kW or more	-
WOUT	Discharge control wattage which is sent from battery ECU to hybrid vehicle control ECU/Min.: 0 kW, Max.: 63.5 kW	21 kW or less	-
Cooling Fan SPD	Battery blower motor actuation mode/Min.: 0, Max.: 6	Stopped: 0 Low to high speed actuation: 1 to 6	-
ECU Ctrl Mode	ECU control mode/ Min.: 0, Max.: 4	-	-
SBLW RQST	Battery blower motor stop control request (standby blower)	ON/OFF	-
Batt Temp 1 to 3	Temperature of HV battery/ Min.: -327.68°C, Max.: 327.67°C	Undisturbed for 1 day: Same as ambient air temperature	-
Num of Battery	The number of battery blocks/ Min.: 0, Max.: 255	Always: 14	-
Battery Block Min V	Battery block minimum voltage/ Min.: -327.68 V, Max.: 327.67 V	SOC 50 to 60%: 12 V or more	-
Min Batt Block #	Battery block number with minimum voltage	One of numbers 0 to 13	-

Bat Block Max V	Battery block maximum voltage/ Min.: -327.68 V, Max.: 327.67 V	SOC 55 to 60%: 23 V or less	-
Max Batt Block #	Battery block number with maximum voltage	One of numbers 0 to 13	-
V1 to V14 Batt	Battery block voltage/ Min.: -327.68 V, Max.: 327.67 V	SOC 60%: 12 to 20 V	-
1 to 14 INTNL	Internal resistance of each battery block/Min.: 0 Ω , Max.: 0.255 Ω	Always: 0.01 to 0.1 Ω	-
REG	Compliance regulation	OBD2 (CARB)	-
#CODES	The number of emission related powertrain DTCs/ Min.: 0, Max.: 127	-	-
DTC	The number of stored DTCs/ Min.: 0, Max.: 255	-	-

CAPITULO III

RECOLECCION DE DATOS

3.1 Escáner de comprobación



Figura 31. Componentes del escáner Techstream
Manual de reparación Toyota

El Techstream es el equipo de escaneo que es utilizado para evaluar las pruebas activas a los sistemas del vehículo, su software esta patentado por el mismo fabricante.

3.1.1 Mongoose Interfase

Este conector es un interfase el cual se encargará de comunicar el Techstream con los diferentes módulos de control electrónico con el fin de adquirir la información sobre los diferentes sistemas del vehículo para ser visualizadas en la laptop del escáner.



Figura 32. Mongoose Interfase
(TAEET Electronics)



Figura 33. Conector del Mongoose Interfase (TAEET Electronics)

En la Figura 33. se identifica el conector DLC (Data Link Connector – Conector de Enlace de Datos) de 16 pines el cual está encargado de iniciar la comunicación entre el Techstream y los módulos de control electrónico del Toyota Prius C Híbrido.



Figura 34. Vista superior del conector (TAAET Electronics)

Es de suma importancia la utilización de este componente ya que permite la visualización de los códigos de avería que se encuentran capturados dentro de la memoria de las unidades de control electrónico. Los códigos son indicadores de algún defecto existente en los sistemas de funcionamiento del vehículo.



Figura 35. Conector USB de la interfase (TAAET Electronics)

El Techstream es un software que es manejado por medio de una laptop y la interfase Mongoose es conectada en el puerto USB para la comunicación con el vehículo.

3.1.2 Procedimiento

3.1.2.1 Diagnostico del control electrónico del ensamblaje de baterías HV.

1. Si las ECU procesa alguna irregularidad dentro del sistema, la computadora correspondiente verifica estas anomalías para después registrarlas como código de falla y almacenarlas en su memoria
2. Los DTC (código de falla) contienen cinco dígitos para reconocer y diagnosticar de forma más eficaz las anomalías del sistema
3. Las comprobación son realizadas mediante el uso de un equipo de diagnóstico especializado del fabricante, en este caso es el Techstream.

3.1.2.2 Diagnostico computarizado del conjunto de baterías de alta tensión

Las pruebas que se efectúan al ensamblaje de baterías y su sistema de enfriamiento están fundamentados en el análisis computarizado del escáner Techstream, su software tiene la capacidad de controlar los relés y varios componentes electrónicos que se caracterizan en activar los actuadores según la petición del técnico encargado y reconocer las condiciones en que se encuentra de su desempeño al funcionar.

El Techstream tiene la capacidad mediante la selección de control híbrido en realizar las pruebas activas para detectar el desarrollo y desempeño del ventilador de climatización de las baterías HV y su estado de carga.

Los resultados pueden ser variables de acuerdo a diferencias del entorno donde se adquieren estos valores o por el envejecimiento del automóvil, en caso que existiera varios valores que no se encuentran según lo especificado por el fabricante, se compara con los datos de otro vehículo que comparta las mismas cualidades durante su operatividad para interpretar y relacionar sus datos obtenidos.

Se realizan dos pruebas con el uso de este sistema de comprobación computarizado:

- Prueba activa relacionada a la carga de la batería
- Prueba activa del “blower” de climatización del conjunto de baterías híbridas

3.1.2.3 Prueba activa del blower de climatización del conjunto de baterías híbridas

Se efectúa esta prueba activa para que a través del diagnóstico se logre observar el estado de los componentes eléctricos como el relé, sensores, solenoides y actuadores sin la necesidad de ejecutar alguna tarea de remover partes. Realizar estos procesos de comprobación tiene el beneficio de diagnosticar el sistema de manera eficaz con el mayor ahorro de tiempo.

1. Enchufar el Mongoose del Techstream al conector OBDII
2. Girar el switch en modo ON y activar el Techstream
3. Ingresar a su diagnóstico por medio de los siguientes comandos: Diagnóstico – Control Híbrido – Pruebas Activas – Prueba del ventilador
4. Efectuar las comprobaciones según lo que indica el Techstream

Tabla 11. Pruebas activas al blower del conjunto de baterías (Manual de reparación Toyota)

Pantalla del escáner	Objetivo	Descripción de la prueba	Estado de la prueba
Prueba de la velocidad del “blower” de climatización	Revisión de la operatividad y velocidad del ventilador	Detener el ventilador al seleccionar su nivel a 0 y examinar los niveles 1-6	Desactivar al momento que aparezca un código de falla

3.1.2.4 Verificación del fusible de alto voltaje del Jumper

1. Enchufar el Mongoose del Techstream al conector OBDII
2. Girar el switch en modo ON y activar el Techstream'
3. Ingresar a su diagnóstico por medio de los siguientes comandos: Diagnóstico – Control Híbrido – DTC
4. Observar si en la lista de fallas encontradas refleja el siguiente código (P01AF)
5. En caso de que la fuera cierto la acotación anterior, reemplazar completamente el módulo de control electrónico de la batería
6. Si no se refleja el respectivo código, se procede a inspeccionar el Jumper

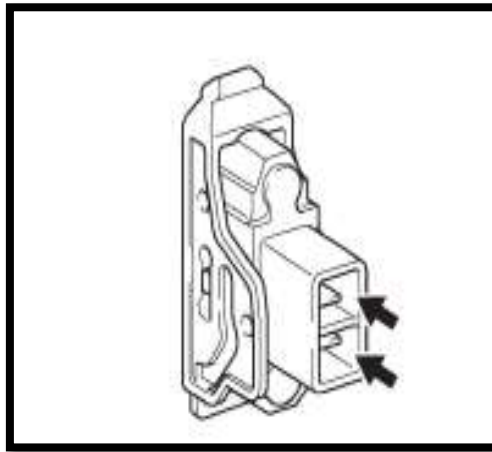


Figura 36. Verificación de la clavija de servicio
(Manual de reparación Toyota)

7. Girar el switch en OFF
8. Retirar la clavija de servicio (Jumper)
9. Medir su resistencia (Valor estándar 1)
10. Si se encuentra en su valor estándar, revisar el fusible de alto voltaje o sino cambiarlo

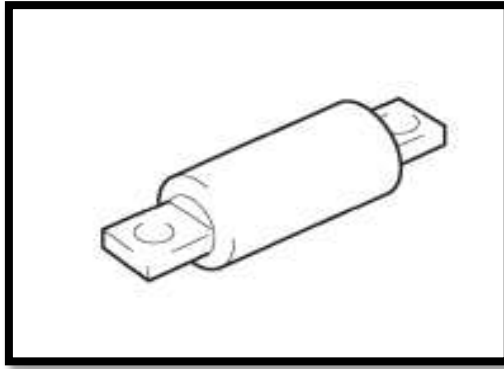


Figura 37. Verificación del fusible de alto voltaje del Jumper
(Manual de reparación Toyota)

11. Remover el fusible de alto voltaje que se encuentra dentro del Jumper
12. Medir su resistencia (<1)
13. Reponer el fusible, si no está según las condiciones del fabricante, reemplazarlo, o sino cambiar el Jumper.

Existen varios diagnósticos computarizados para otros componentes del sistema híbrido de los cuales se pueden obtener códigos según la falla que presenten dentro del sistema por medio del uso del programa Techstream los cuales son los siguientes:

- Voltaje del conjunto de baterías
- Sensores de temperatura del conjunto de baterías
- Sensor de temperatura del aire de admisión a las baterías
- Perdidas de comunicación con la PCM/ECU HV

3.1.3 Proceso de descarga de la batería

Un asunto crítico relevante en la adquisición de un vehículo híbrido es sobre el malfuncionamiento de la batería de alto voltaje, un componente clave para la operatividad del automóvil, pero cambiarla en su totalidad podría ser altamente costoso por lo que una solución eficiente y económica para este inconveniente sería la sustitución de las celdas defectuosas con otras mejoradas a través del uso de un banco comprobador. Este dispositivo evalúa las celdas de una batería para clasificarlas según sus condiciones y estado y así proceder con su reemplazo.

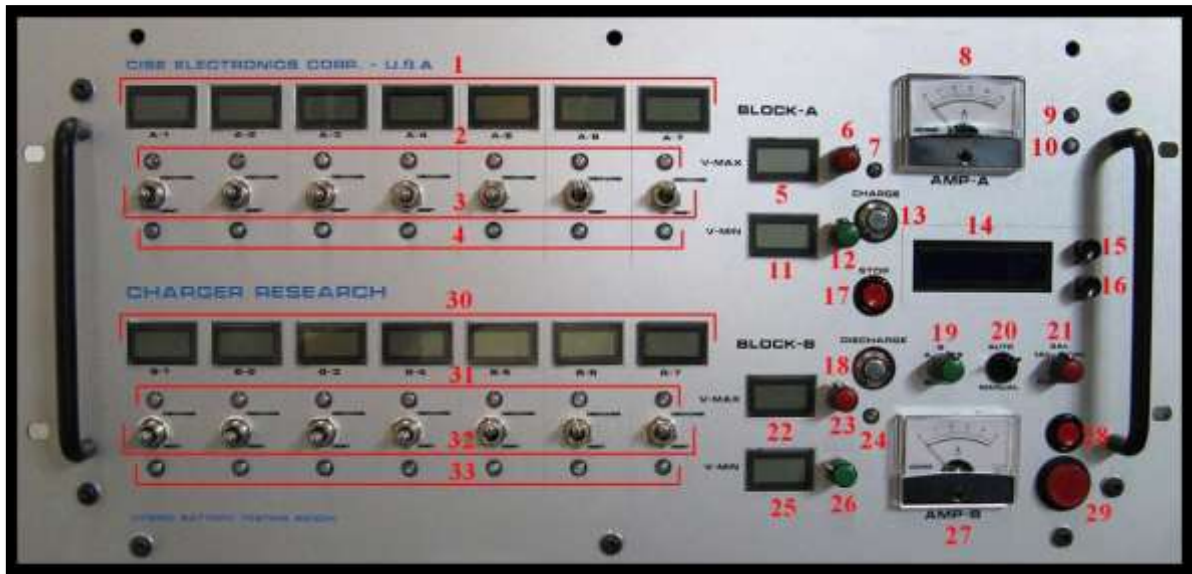


Figura 38. Panel de control del Charger Research
(Manual de reparación Toyota)

A continuación, en la Tabla 12. se detallara la lista de comandos del panel de control para el funcionamiento del Charger Research.

Tabla 12. Comandos del panel de control del Charger Research

1	Conjunto voltímetros bloque A
2	Conjunto leds indicación voltaje fuera de rango alto bloque A
3	Conjunto llaves tres posiciones – Alta: forzar carga – Media: Posición normal de trabajo - Baja: Reseteo – bloque A
4	Conjunto leds indicación voltaje fuera de rango seteado bajo bloque A
5	Voltímetro indicación máximo voltaje de carga admitido bloque A
6	Potenciómetro selección máximo voltaje de carga bloque A
7	Led indicación
8	Amperímetro para carga y descarga bloque A
9	Led indicación
10	Led indicación
11	Voltímetro indicación mínimo voltaje de descarga admitido bloque A
12	Potenciómetro selección mínimo voltaje de descarga bloque A
13	Pulsador comienzo de carga bloque A
14	Display seteos bloque A y B
15	Pulsador visualización de seteos – selección de bloque – corriente – tiempo de ambos bloques

16	Pulsador aprobación seteos
17	Pulsador detención de actividad
18	Pulsador comienzo de descarga
19	Selector de bloques A – B o ambos
20	Selector automático/manual
21	Selector corriente (amp) para carga y descarga
22	Voltímetro indicación máximo voltaje de carga admitido bloque B
23	Potenciómetro selección máximo voltaje de carga bloque B
24	Led indicación
25	Voltímetro indicación mínimo voltaje de carga admitido bloque B
26	Potenciómetro selección mínimo voltaje de descarga bloque B
27	Amperímetro para carga y descarga bloque B
28	Pulsador puesta en marcha del equipo
29	Pulsador reseteo y apagado del equipo
30	Conjunto voltímetro bloque B
31	Conjunto leds indicación voltaje fuera de rango alto bloque B
32	Conjunto llaves tres posiciones – Alta: forzar carga – Media: Posición normal de trabajo - Baja: Reseteo bloque B
33	Conjunto leds indicación voltaje fuera de rango seteado bajo bloque B

1. Se ordena 2 bloques (A – B), que comprendan de 7 celdas cada uno y se conecta en circuito serie los grupo de manera independiente.
2. Se efectúa la conexión mediante los terminales del banco de pruebas hacia cada una de las celdas
3. Se realiza la siguiente configuración el panel de control del banco
 - Girar el switch a modo automático
 - Girar el switch de descarga a 1 Amp.
 - Selección mínima de voltaje (6V) del potenciómetro
 - Setear el tiempo a 2 horas

Como está configurado con descarga automática, se detendrá cuando alguna de las celdas alcance el voltaje mínimo de 6V.

4. Se activa el proceso de descarga con los interruptores y se descargara cada celda hasta que llegue a 5V. Una vez alcanzado ese mínimo de voltaje, se detiene este procedimiento.

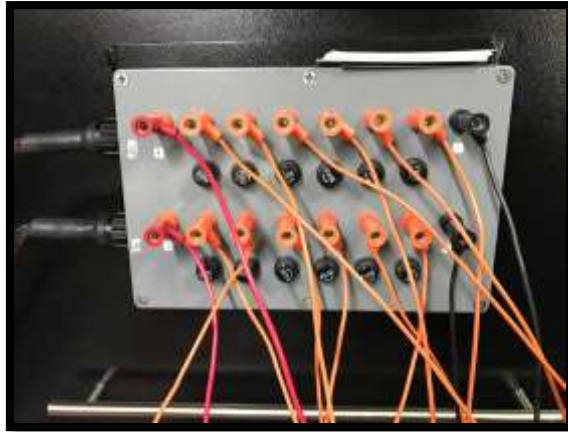


Figura 39. Caja de conectores positivos del Charger Research (Manual de reparación Toyota)

3.1.4 Proceso de carga de la batería

3.1.4.1 Procedimiento de precarga

1. Se configura los siguientes comandos en el panel de control del banco
 - Girar el switch a modo automático
 - Girar el switch de corriente de carga a 1 Amp
 - Selección máxima de voltaje (9V) del potenciómetro
 - Setear el tiempo a 30 minutos
2. Una vez concluido los 30 minutos de la precarga, todas las celdas deberían mantener su voltaje nominal, para esto se espera unos 10 minutos.
 - Si el voltaje nominal no varía en el periodo de los 10 minutos se podría considerar que la celda aprobó la primera prueba.
 - En cambio si el voltaje nominal disminuye dentro del periodo de los 10 minutos se podría considerar que la celda esta propensa en ser reemplazada.



Figura 40. Conexión de las celdas
(Manual de reparación Toyota)

3.1.4.2 Procedimiento de carga a una capacidad del 30% (SOC)

1. Se configura el panel de control del banco a un tiempo de 60 minutos con una corriente de 2 Amp.
2. Culminado los 60 minutos de la carga, el voltaje de todas las celdas no debe exceder el máximo.
 - Si el voltaje supera al máximo establecido se podría considerar que la celda esta propensa en ser reemplazada.

3.1.5 Proceso de descarga de la batería

1. Se configura el panel de control del banco a un tiempo de 2 horas con una corriente de 1 Amp.
2. Mientras las celdas se encuentran en su descarga, se categorizaran las celdas por el momento en donde llegan a su voltaje mínimo

Tabla 13. Categorización de las celdas (TAEET Electronics)

Categoría	Tiempo
A	1:41 a 2:00
B	1:26 a 1:40
C	1:10 a 1:25
X	Menos de 1:10

3.1.6 Códigos de falla

Tabla 14. Códigos de falla de la batería HV (Manual de reparación Toyota)

P0560	System Voltage	Turns on READY light and drives normally
P0A1F	Battery Energy Control Module	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
P0A7F	Hybrid Battery Pack Deterioration	Turns on READY light and drives normally
P0A80	Replace Hybrid Battery Pack	Turns on READY light and drives normally
P0A81	Hybrid Battery Pack Cooling Fan 1	Turns on READY light and drives normally
P0A82	Hybrid Battery Pack Cooling Fan 1	Turns on READY light and drives normally
P0A84	Hybrid Battery Pack Cooling Fan 1	Turns on READY light and drives normally
P0A85	Hybrid Battery Pack Cooling Fan 1 Control Circuit High	Turns on READY light and drives normally
P0A95	High Voltage Fuse	Turns on READY light and drives in fail-safe mode (while the engine is running)
P0A9C	Hybrid Battery Temperature Sensor "A" Range/Performance	Turns on READY light and drives normally
P0A9D	Hybrid Battery Temperature Sensor "A" Circuit Low	Turns on READY light and drives normally
P0A9E	Hybrid Battery Temperature Sensor "A" Circuit High	Turns on READY light and drives normally
P0AAC	Hybrid Battery Pack Air Temperature	Turns on READY light and drives normally
P0ABF	Hybrid Battery Pack Current Sensor Circuit	Turns on READY light and drives normally
P0AC0	Hybrid Battery Pack Current Sensor Circuit	Turns on READY light and drives normally
P0AC1	Hybrid Battery Pack Current Sensor Circuit	Turns on READY light and drives normally
P0AC2	Hybrid Battery Pack Current Sensor Circuit High	Turns on READY light and drives normally
P0AFA	Hybrid Battery System Voltage	Turns on READY light and drives normally

P3011	Battery Block 1 Becomes Weak	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
P3012	Battery Block 2 Becomes Weak	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
P3013	Battery Block 3 Becomes Weak	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
P3014	Battery Block 4 Becomes Weak	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
P3015	Battery Block 5 Becomes Weak	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
P3016	Battery Block 6 Becomes Weak	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
P3017	Battery Block 7 Becomes Weak	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
P3018	Battery Block 8 Becomes Weak	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
P3019	Battery Block 9 Becomes Weak	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
P3020	Battery Block 10 Becomes Weak	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
P3021	Battery Block 11 Becomes Weak	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
P3022	Battery Block 12 Becomes Weak	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
P3023	Battery Block 13 Becomes Weak	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
P3024	Battery Block 14 Becomes Weak	Turns on READY light and drives in fail-safe mode
U0100	Lost Communication with ECM/PCM "A"	Turns on READY light and drives normally
U0293	Lost Communication with HV ECU	Turns on READY light and drives normally

3.2 Aplicación de formulas

Como parte del proceso de verificación del estado de las celdas de la batería híbrida, se realizara los respectivos cálculos para la obtención del amperaje y Estado de Carga para cada una de las fases del procedimiento de evaluación de la batería del Toyota Prius C Híbrido. Considerando que el SOC aplicado es del 30%.

$$\text{SOC (Estado de carga)} = \frac{\text{Amperios de carga (Amp)} \times \text{Tiempo (h)}}{\text{Capacidad total de la batería}} \times 100$$

Precarga: Batería cargada por ½ hora a un ritmo de 1 Amp = 0.5 Ah

Carga: Batería cargada por 1 hora a un ritmo de 2 Amp = 2 Ah

Descarga: Batería descargada por 2 hora a un ritmo de 1 Amp = 2 Ah

Remanente de carga: 2.5 Ah – 2Ah = 0.5Ah

$$\text{SOC (carga total)} = \frac{2.5 \text{ A} \times 1 \text{ h}}{6.5 \text{ Ah}} \times 100\% = 38.46\%$$

$$\text{SOC (descarga)} = \frac{1 \text{ A} \times 2 \text{ h}}{6.5 \text{ Ah}} \times 100\% = 30.76\%$$

$$\text{SOC (remanente)} = \frac{0.5 \text{ A} \times 1 \text{ h}}{6.5 \text{ Ah}} \times 100\% = 7.69\%$$

$$\text{Capacidad real} = (\text{Descarga} / \text{Carga}) \times 100\%$$

$$\text{Capacidad real} = (2\text{Ah} / 2.5\text{Ah}) \times 100\%$$

$$\text{Capacidad real} = 80\% \text{ de la ideal}$$

La carga total es definida como la unión de ambas fases de precarga y carga, en este caso su amperaje es de 2.5 A con un tiempo de 1 hora correspondiente al proceso de obtención del SOC con una capacidad del 30%. También se calcula el SOC de la descarga y de la carga sobrante como parte de este método de comprobar el estado de los módulos de la batería.

3.3 Análisis y categorización de las baterías

De las 20 celdas que posee la batería híbrida del Toyota Prius C, se evaluaron 14 dado que ese es el límite máximo del banco comprobador para ejecutar su diagnóstico, 2 presentaban indicios de que ya estaban próximas a fallar y otras 2 no funcionaban correctamente. Las demás si estaban en óptimas condiciones para seguir operando.

Tabla 15. Categorización de las celdas de la prueba (Escobar, 2018)

Celda	Categoría	Tiempo (min)
1	A	114
2	A	115
3	C	80
4	B	88
5	B	95
6	A	113
7	B	90
8	A	109
9	X	65
10	A	118
11	X	50
12	B	87
13	C	70
14	B	93

Como se había mencionado anteriormente, al culminar con la ejecución del Charger Research, se logró identificar cuáles eran las celdas defectuosas, en la Tabla 15. se idéntica que las celdas 3 y 13 tienen las altas probabilidades de que vayan a fallar en un corto plazo y que las celdas 9 y 11 presentan deficiencia sin opción a reparación por lo que será necesario su inmediato reemplazo al igual que las de la categoría C por su corto tiempo de correcto funcionamiento. Una vez cambiadas esas 4 celdas, se podrá instalar la batería al vehículo para que conduzca sin ningún inconveniente.

3.4 Manual de seguridad del vehículo

3.4.1 Consideraciones del equipamiento para la revisión técnica

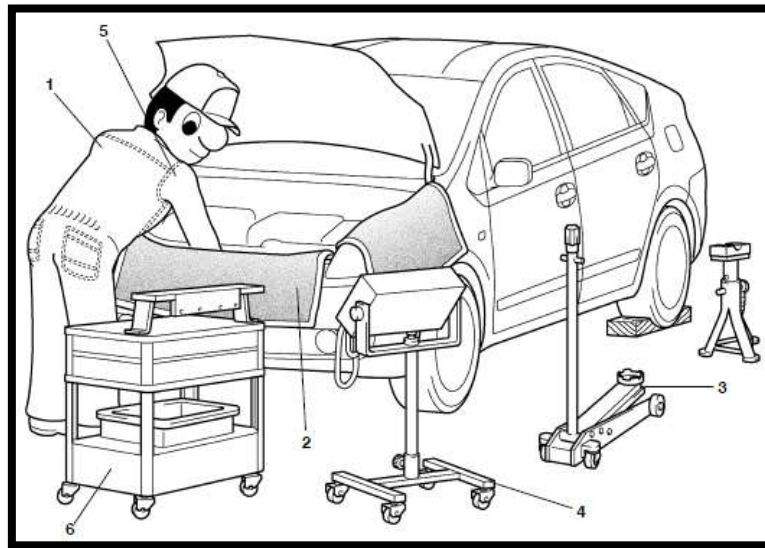


Figura 41. Equipamiento para la revisión técnica
(Manual de reparación Toyota)

Punto	Área	Normativa requerida
1	Vestimenta	Equiparse de mandil u overol que proteja de derrames químicos efecto de partes en fricción. De tener riesgo de caída de objetos vestir gorra y zapatos puntas de acero.
2	Protección del Vehículo	Proteger el frente del vehículo, asientos y laterales.
3	Seguridad	Verificar el EPP del compañero en caso de trabajar en equipo. Ubicar el vehículo en un área abierta para liberar el escape. Si verificará por debajo del auto verifique la sujeción adecuada de los elevadores hidráulicos.
4	Preparación de Herramientas	Seleccionar con antelación las herramientas y equipo necesarios para el diagnóstico.
5	Reparación de Sistemas del Vehículo	Cuando los sistemas a reparar son muy complejos, tomar las medidas de seguridad necesarias para no perder el enfoque.
6	Piezas Desmontadas	Colocar los distintas piezas y partes en sus respectivas bandejas para evitar que se pierdan en el desmontaje,

3.4.2 Consideraciones de seguridad para la manipulación de la batería HV

Los circuitos del sistema híbrido pueden operar con hasta 650 voltios. Estos altos voltajes son peligrosos y pueden causar lesiones personales graves, quemaduras, descarga eléctrica e incluso la muerte si las precauciones de seguridad adecuadas no son seguidas. Siempre consulte el Manual de reparación para obtener detalles específicos del vehículo.

1. Apague el interruptor de alimentación y retire la llave del interior área de detección para el sistema de entrada y comienzo.
 - Cuando el vehículo está en modo LISTO, el motor puede no estar funcionando - pero puede comenzar en cualquier momento, sin previo aviso
 - Asegure la llave inteligente al menos a 10 pies de distancia del vehículo para proporcionar seguridad adicional
2. Desconectar el cable del terminal negativo de la batería auxiliar.
3. Comprobar los guantes aislados.
 - Antes de su uso, revise los guantes aislados en busca de grietas, rasgaduras y otros tipos de daños mediante la realización del siguiente procedimiento:

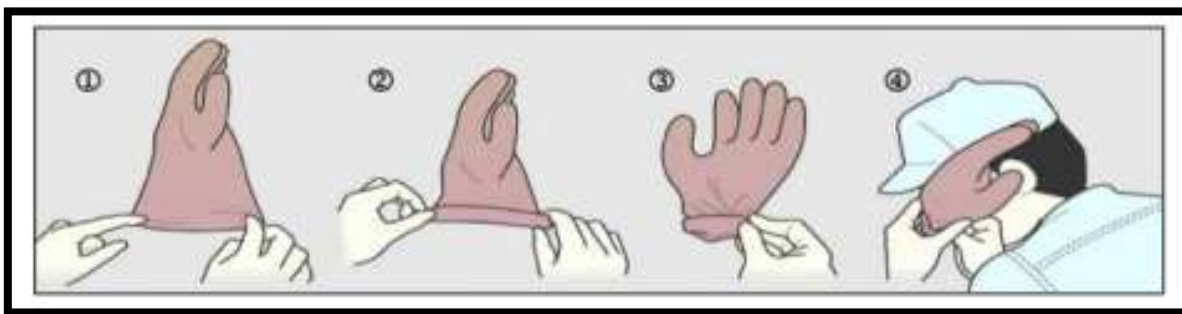


Figura 42. Verificación del aislamiento de los guantes
(Manual de reparación Toyota)

- 1) Colocar el guante de lado.
- 2) Colocar el guante de lado haga rodar la abertura 2 o 3 veces, atrapando la mayor cantidad de aire posible dentro del guante.
- 3) Doblar la abertura a la mitad para cerrarla.
- 4) Confirmar que no haya fugas de aire escuchando el escape de aire o sosteniendo los guantes contra tu mejilla para sentir el escape de aire.

4. Usando guantes aislantes, quitar el mango del enchufe de servicio

- Mantener el enchufe del servicio en su bolsillo (u otro lugar seguro) para evitar que otros técnicos lo reconecten accidentalmente mientras usted está trabajando en los componentes de alta tensión.

5. Esperar 10 minutos o más para descargar el condensador de alto voltaje dentro del ensamblaje del inversor.

- El condensador almacena y libera electricidad de alto voltaje suministrada por la batería HV y los generadores de motor
- Se debe permitir que el condensador se descargue por completo antes de realizar el mantenimiento el sistema HV

6. Verificar el voltaje en los puntos de inspección designados en el inversor (control 0V).

- Antes de usar el voltímetro para medir el voltaje en el inversor terminales, probar el voltímetro midiendo el voltaje del batería auxiliar
- Asegurarse de que el medidor esté configurado para medir el rango de voltaje apropiado como se especifica en el Manual de reparación

7. Aislar los conectores de alta tensión desconectados con aislamiento cinta de vinilo



Figura 43. Sello de peligro de alto voltaje (TAEET Electronics)

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Resultados de la revisión técnica

A través del uso del dispositivo de comprobación Charger Research se verifico el estado de un grupo de 14 celdas que conformaban a una batería híbrida de alta tensión perteneciente a un Toyota Prius C Híbrido el cual presentaba algunas irregularidades durante su funcionamiento según el análisis realizado por el Techstream por medio de los DTC (códigos de falla) que reflejaba en el escáner. Como se había descrito anteriormente en el Capítulo III, no todas las celdas que correspondían al grupo examinado tuvieron el mismo resultado esperado, sus variaciones de voltaje revelaron cuales estaban aptas para seguir operando dentro del sistema hibrido, también cuales estaban condicionadas pero para un funcionamiento a corto plazo y por ultimo cuales ya necesitaban de un reemplazo completo debido a que ocasionarían una aparición de código de falla al momento de escanear con el Techstream.

Gracias al apoyo del equipo de diagnóstico Charger Research se pudo identificar cuales celdas de la batería híbrida son las que contenían células averiadas a causa de corto circuitos, sobrecalentamiento, desgaste, etc y por ende estaba provocando un mal desarrollo en la estructura híbrida conformada por los motogeneradores, motor de gasolina, sensores, actuadores, etc. Su revisión es crucial ya que forma parte del mantenimiento correctivo de la misma batería y además preventivo para otras partes que funcionan complementariamente con ella.



Figura 44. Conjunto de batería de alto voltaje del Toyota Prius C Híbrido (Manual de reparación Toyota)

A partir de los resultados que se obtuvieron en la presente revisión técnica por medio del uso del Charger Research, se acota las siguientes observaciones

- Conocimiento general del uso del panel de control de banco de pruebas
- Correcta instalación de las celdas al comprobador de baterías
- Seguir los pasos de seguridad para la manipulación del dispositivo
- Entendimiento de las fases que comprenden este procedimiento de evaluación, los cuales son la precarga, carga y descarga
- Calcular el tiempo preciso para la carga y descarga de las celdas en cada fase del procedimiento y visualizarlo en el panel de control del Charger Research.

4.2 Estado de las celdas

Como ya se había mencionado que el estado de las celdas se las clasifica en 4 diferentes categorías que las diferencia por su capacidad de seguir trabajando o no y son ubicadas dependiendo del tiempo en que se demoran en llegar su voltaje mínimo en el proceso de descarga. Si la celda no se tarda mucho tiempo para descargarse, esto significa que esta propensa a causar un mal rendimiento a la batería ya que no puede mantener su voltaje nominal de 7.2 V durante el funcionamiento de la batería.

Tabla 16. Celdas categorizadas (Escobar, 2018)

No. de celdas	Categoría
5	A
5	B
2	C
2	X

Se procede con el presente mantenimiento porque al momento de haber verificado el estado del vehículo con el escáner Techstream, este habrá rebotado en la pantalla el DTC POA81, lo que significa el reemplazo de la batería de alto voltaje

En la prueba técnica que se realizó con el Charger Research se verificó que del grupo de 14 celdas analizadas, 5 de ellas se encontraron en categoría “A”, significando que su voltaje es estable y no llega a su mínimo en comprobaciones de descarga por un corto periodo de tiempo, 5 celdas se las clasifico en categoría “B”, afirmando que su alcance al voltaje mínimo es de una duración más corta en comparación a las que se encontraban en

“A” pero no representa un mayor riesgo y puede ser reutilizada, otras 2 celdas fueron ubicadas en categoría “C” ya que mostraron un valor decreciente de voltaje a un tiempo de descarga considerable lo que podrían estar bordeando a su reemplazo definido y finalmente en cambio solo 2 celdas no aprobaron la prueba debido a que su voltaje bajo de manera drástica en menos de una hora, mostrando su incapacidad para funcionar equilibradamente con el resto de celdas que forman parte del ensamblaje de baterías.

4.3 Análisis para el cambio (recuperación) de celdas

Al someter las celdas al Charger Research se pudo comprobar que no todas funcionaban de forma equilibrada lo que provocaba que la batería pierda su desempeño al sistema híbrido. Las celdas que fueron seleccionadas en categoría A y B pueden funcionar complementariamente una a la otra y reemplazar las demás de diferente categoría con otras que compartan las mismas cualidades de estabilidad de voltaje. Sin embargo las que se categorizaron en “C”, aunque no son consideradas como obsoletas pero si pueden representar un riesgo para la operatividad de la batería por el hecho de que su voltaje no tiene un comportamiento equilibrado como se revelo en los procesos de carga y descarga. Las que se encuentran en “X” se reemplaza inmediatamente sin opción a un mantenimiento correctivo. La mejor opción es cambiarlas como parte de un mantenimiento preventivo y así se evita que se desmonte la batería HV varias veces, lo que ocasiona pérdidas de tiempo y altos costos de mano de obra.

Es importante recalcar el uso apropiado del equipo con las normas de seguridad aplicadas en el manejo de las baterías de alto voltaje debido al hecho que una mal conexión de las celdas podría provocar serias quemaduras o hasta la muerte a causa de cortos circuitos.

El desarrollo de este procedimiento será de mayor aceptación y comercialización a nivel local por los beneficios que ambos partidarios, en este caso el usuario del automóvil híbrido y los talleres que son especializados en este tipo de vehículos, ya que el servicio proporcionado es eficiente y el cliente no será perjudicado económicamente por el malfuncionamiento de la batería de alto voltaje de su automóvil. La ventaja que la batería no es un solo cuerpo compacto sino dividido por varias celdas ha ayudado en la formación y creación de este banco comprobador.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El documento de información sobre el procedimiento de evaluación de baterías en los vehículos híbridos fue efectuado mediante su estudio y pruebas técnicas el cual servirá como un anexo al manual de servicio proporcionado por el fabricante. Es importante considerar estos datos debido a que los fabricantes no demuestran métodos de cómo arreglar la batería sino de cómo cambiarla.
- El análisis completo del sistema híbrido se realizó por medio de observaciones de diagramas, tablas informativos y esquemas de los componentes adquiridos por el mismo manual de servicio y además del uso de distintos equipos de diagnósticos electrónicos. Aunque solo hay información relevante hasta la segunda generación del sistema híbrido de Toyota (THS en inglés), su tercera generación si es existente ya que fue incorporado en el modelo Prius C.
- Los valores obtenidos en las comprobaciones del ensamblaje de baterías serán informados para que sean utilizados como parte fundamental en el cuidado y mantenimiento de estos tipos de vehículos. Los técnicos e ingenieros automotrices de talleres independientes no tienen acceso a esta clase de información ya que son de uso reservado por las concesionarias.
- Se indago de manera cuidadosa la información correspondiente al Toyota Prius C Híbrido ya que existen otras versiones del mismo modelo de vehículo que comparten cualidades similares significantes pero se diferencian por la capacidad de su batería de alto voltaje y el motor que manejan.
- Se verifico las pruebas de cada uno de los componentes ya que no todos pueden ser examinados a través del mismo método, ya sea manual o computarizado. El Techstream nomás no puede localizar exactamente donde se ubica la avería, es por eso que se aplica el uso multímetros y otros instrumentos manuales para su precisa revisión.
- Al estudiar detalladamente el uso del Charger Research al igual que la posición de las celdas para su análisis es crucial para el hecho de obtener los resultados de forma más exacta con los menores márgenes de error. De igual manera en manipularlo de la forma más segura.

5.2 Recomendaciones

- Considerar que el documento desarrollado es solo un complemento al manual de servicio dado por el fabricante y es importante seguir los pasos redactados en el mismo manual como es la seguridad en los momentos de montaje y desmontaje del conjunto de baterías.
- Si no se consigue información completa y/o satisfactoria en los libros e internet, se recomienda el uso de los manuales virtuales como son el Autodata y el Mitchell OnDemand.
- Es recomendable seguir los pasos adecuadamente para obtener valores apropiados y así continuar con el mantenimiento de la batería.
- Es importante leer la portada del libro o archivo a consultar para la información del Toyota Prius ya que existen varios modelos como el 4G y el V.
- Tener en cuenta las indicaciones del manual de servicio como son las mediciones y la correcta forma de utilizar los equipos cuando se examina los componentes del automóvil para disminuir las probabilidades de obtención de resultados erróneos.
- El banco comprobador al igual que el paquete de baterías poseen el mismo riesgo de quemaduras por corto circuito si no son manejadas correctamente, por esta razón es fundamental la vestimenta apropiada durante la ejecución de esta actividad.

Bibliografía

- Allen, F. (2008). *Hybrid Vehicles and the Future of Personal Transportation*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: CRC Press.
- Anderson, C. D. (2010). *Electric and Hybrid Cars*. Detroit: McFarland.
- Drive Home Safe. (n.d.). *Drive Home Safe*. From Drive Home Safe: www.drivehomesafe.com/article/what_is_tlev_lev_ulev_sulev_pzev
- Escobar, D. (15 de Febrero de 2018). Fotografía Charger Research. *Fundamentos Iniciales y Manejo del Banco de Restablecimiento de Baterías*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Escobar, D. (15 de Febrero de 2018). Fotografía Techstream - Mongoose Interfase. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Husain, I. (2011). *Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals*. Cleveland: CRC Press.
- Mitchell OnDemand. (10 de Marzo de 2018). Toyota Prius C Hybrid Battery. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Newsroom, T. C. (15 de 11 de 2011). *Toyota Prius C completes the Prius Family of vehicles*. Retrieved 10 de 04 de 2018 from Toyota Canada: <https://media.toyota.ca/toyota-prius-completes-the-prius>
- Pellicer, E. (1997). *Automoviles Electricos*. Madrid: Reverte.
- Pistoia, G. (2010). *Electric and Hybrid Vehicles: Power Sources, Models, Sustainability, Infrastructure and the Market*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Elsevier.
- Ros, J. A., & Doblado, O. (2016). *Sistemas electronicos de seguridad y confortabilidad*. Madrid: Paraninfo.
- TAAET Electronics. (18 de Febrero de 2018).
- Toyota. (2011). Mantenimiento de las Baterías. In T. Corporation, *Manual de servicio*. Guayaquil.

Toyota. (Julio de 2011). Manual del Usuario Toyota Pirus Modelo C. Guayaquil, Guayas, Ecuador.